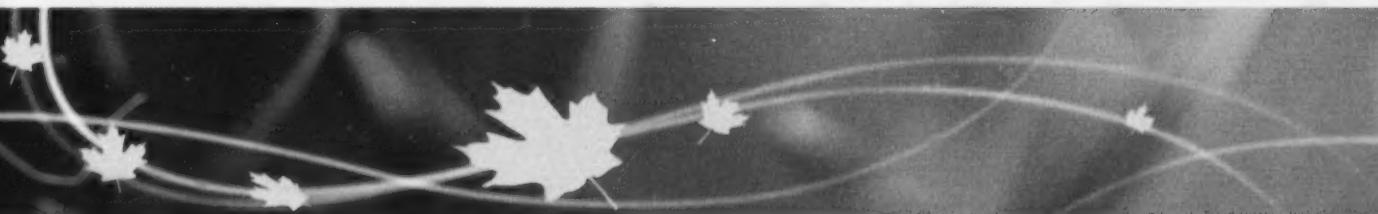




Environnement
Canada

Environment
Canada



Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

22 juillet, 2011

Canadä

Rédacteurs

Dorothy Lindeman, Environnement Canada
Emily Ritson-Bennett, Environnement Canada
Sarah Hall, Environnement Canada

Collaborateurs

Rod Hazewinkel, ministère de l'Environnement de l'Alberta
Erin Kelly, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, et Université de l'Alberta
Greg MacCulloch, Division des relevés hydrologiques du Canada
Stuart MacMillan, Parcs Canada
Preston McEachern, ministère de l'Environnement de l'Alberta
Mary Raven, ministère de l'Environnement de l'Alberta
Juanetta Sanderson, Affaires autochtones et Développement du Nord Canada
Jeff Shatford, Parcs Canada
Paula Siwik, Environnement Canada
Janice Boyd, Environnement Canada

Le présent rapport peut être cité comme suit :

Lindeman, D.H., E. Ritson-Bennett, S. Hall (éditeurs). 2011. Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011). Saskatoon (Sask.) : Environnement Canada. 125 p.

N° de cat. : En84-95/2-2013F-PDF
ISBN 978-0-660-21119-0

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement, 2013

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	VII
INTRODUCTION	1
PLAN DE SURVEILLANCE INTÉGRÉE POUR LES SABLES BITUMINEUX (PHASE 2).....	1
ÉLARGISSEMENT DE L'ÉTENDUE GÉOGRAPHIQUE	2
CONTEXTE DU PRÉSENT RAPPORT	3
SURVEILLANCE ET ACTIVITÉS DANS L'ÉTENDUE GÉOGRAPHIQUE ÉLARGIE	6
A : ÉTUDES CIBLÉES ET DE SURVEILLANCE.....	6
A1 : ACTIVITÉS DE SURVEILLANCE À LONG TERME DE LA QUALITÉ DE L'EAU ET DE LA QUANTITÉ D'EAU	6
A1.1 : ENVIRONNEMENT CANADA (EC)	6
A1.1.1 : Qualité de l'eau	6
A1.1.2 : Quantité d'eau	7
A1.1.3 : Contaminants des poissons	8
A1.2 : MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ALBERTA	8
A1.2.1 : Qualité de l'eau	8
A1.3 : MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE	9
A1.4 : AFFAIRES AUTOCHTONES ET DÉVELOPPEMENT DU NORD CANADA (AADNC).....	10
A1.4.1 : Programmes sur la qualité de l'eau et des sédiments de la rivière des Esclaves et du delta de la rivière des Esclaves – Affaires autochtones et Développement du Nord Canada	10
A1.4.2 : Études sur les poissons menées par Affaires autochtones et Développement du Nord Canada sur la rivière des Esclaves	11
A1.4.3 : Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord	12
A1.5 : PARC NATIONAL DU CANADA WOOD BUFFALO	13
A1.6 : PROGRAMME PROGRAMME RÉGIONAL DE SURVEILLANCE DU MILIEU AQUATIQUE.....	14
A1.6.1 : Composante « communautés d'invertébrés benthiques » du programme RAMP	15
A1.6.2 : Examen des études historiques sur les invertébrés dans le cadre du programme RAMP	16
A1.6.3 : Composante « sédiments » du programme RAMP	17
A1.6.4 : Composante « populations de poissons » du programme RAMP	18
A1.6.5 : Examen des études historiques sur les poissons dans le cadre du programme RAMP	19
A1.6.6 : Qualité de l'eau, conditions climatiques et hydrologie dans le cadre du programme RAMP	20

A2 : PRINCIPALES RECHERCHES ET ÉTUDES CIBLÉES	20
A3 : ASPECTS RÉGLEMENTAIRES	22
A3.1 : SUIVI DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT	22
A3.2 : WATER ACT (LOI SUR L'EAU) ET ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ENHANCEMENT ACT (LOI SUR LA PROTECTION ET LA MISE EN VALEUR DE L'ENVIRONNEMENT) DE L'ALBERTA	24
B : PRINCIPALES RECHERCHES ET ÉTUDES CIBLÉES HISTORIQUES	26
B1 : PROJET DE RECHERCHE ENVIRONNEMENTALE SUR LES SABLES BITUMINEUX DE L'ALBERTA (AOSERP)	26
B1.1 : ÉTUDES HYDROLOGIQUES MENÉES DANS LE CADRE DU PROJET DE RECHERCHE ENVIRONNEMENTALE SUR LES SABLES BITUMINEUX DE L'ALBERTA (AOSERP)	27
B1.2 : ÉTUDES SUR LA QUALITÉ DE L'EAU ET LES SÉDIMENTS DANS LE CADRE DU PROJET DE RECHERCHE ENVIRONNEMENTALE SUR LES SABLES BITUMINEUX DE L'ALBERTA (AOSERP)	28
B1.3 : ÉTUDES SUR LES POISSONS DANS LE CADRE DU PROJET DE RECHERCHE ENVIRONNEMENTALE SUR LES SABLES BITUMINEUX DE L'ALBERTA (AOSERP)	30
B1.4 : ÉTUDES SUR LES INVERTÉBRÉS DANS LE CADRE DU PROJET DE RECHERCHE ENVIRONNEMENTALE SUR LES SABLES BITUMINEUX DE L'ALBERTA (AOSERP)	32
B2 : SÉRIE D'ÉTUDES SUR LE DELTA DES RIVIÈRES DE LA PAIX ET ATHABASCA	34
B2.1 : GROUPE D'ÉTUDE DU DELTA PAIX-ATHABASCA	34
B2.2 : COMITÉ D'AMÉNAGEMENT DU DELTA DES RIVIÈRES DE LA PAIX ET ATHABASCA	34
B2.3 : ÉTUDES TECHNIQUES DU DELTA DES RIVIÈRES DE LA PAIX ET ATHABASCA	35
B3 : ÉTUDE SUR LES BASSINS DES RIVIÈRES DU NORD (EBRN)	36
B3.1 : HYDROLOGIE ET MODÉLISATION DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE SUR LES BASSINS DES RIVIÈRES DU NORD	37
B3.2 : QUALITÉ DE L'EAU DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE SUR LES BASSINS DES RIVIÈRES DU NORD	39
B3.3 : SÉDIMENTS DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE SUR LES BASSINS DES RIVIÈRES DU NORD	40
B3.4 : POISSONS DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE SUR LES BASSINS DES RIVIÈRES DU NORD	43
B3.5 : ÉTUDES SUR LES INVERTÉBRÉS DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE SUR LES BASSINS DES RIVIÈRES DU NORD	45
B4 : INITIATIVE DES ÉCOSYSTÈMES DES RIVIÈRES DU NORD (IERN)	46
B4.1 : HYDROLOGIE ET MODÉLISATION DANS LE CADRE DE L'INITIATIVE DES ÉCOSYSTÈMES DES RIVIÈRES DU NORD	47
B4.2 : QUALITÉ DE L'EAU ET DES SÉDIMENTS DANS LE CADRE DE L'INITIATIVE DES ÉCOSYSTÈMES DES RIVIÈRES DU NORD	48
B4.3 : POISSONS ET INVERTÉBRÉS DANS LE CADRE DE L'INITIATIVE DES ÉCOSYSTÈMES DES RIVIÈRES DU NORD	49
B5 : DONNÉES HISTORIQUES SUR LA CHARGE DE SÉDIMENTS EN SUSPENSION RECUEILLIES PAR LA DIVISION DES RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA	51
B6 : ÉTUDES CIBLÉES DU GROUPE INTERMINISTÉRIEL DE RECHERCHE ET D'EXPLOITATION ÉNERGÉTIQUES	51

B7 : AUTRES ÉTUDES HISTORIQUES CIBLÉES	53
B7.1 : Études ciblées sur la qualité de l'eau et des sédiments.....	53
B7.2 : Études ciblées sur la quantité d'eau.....	57
B7.3 : Études biologiques ciblées	58
C : TRAVAUX SUPPLÉMENTAIRES	62
D : ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES IMPORTANTES	62
D1 : CUMULATIVE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ASSOCIATION (CEMA)	62
D2 : PROGRAMME DE SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE DU DELTA DES RIVIÈRES DE LA PAIX ET ATHABASCA	64
D3 : PARTENARIAT RIVIÈRE DES ESCLAVES ET DELTA DE LA RIVIÈRE DES ESCLAVES.....	65
OUVRAGES CITÉS	67
FIGURES	679
ANNEXE 1 : PARAMÈTRES ÉCHANTILLONNÉS DANS LE CADRE DES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE À LONG TERME ET DE CERTAINES ÉTUDES CIBLÉES	97



La Liste des Figures

Figure 1 : Régions des sables bitumineux et gisements dans les bassins versants des rivières de la Paix et Athabasca.....	79
Figure 2 : Stations de surveillance à long terme de la qualité de l'eau d'Environnement Canada, du ministère de l'Environnement de l'Alberta, du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, dans les réseaux de drainage des rivières de la Paix, Athabasca et des Esclaves.....	80
Figure 3 : Stations de surveillance à long terme de la qualité de l'eau d'Environnement Canada, du ministère de l'Environnement de l'Alberta et d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada dans la région d'expansion géographique.....	81
Figure 4 : Stations de surveillance à long terme de la qualité de l'eau du ministère de l'Environnement de l'Alberta et d'Environnement Canada dans la région du delta des rivières de la Paix et Athabasca.....	82
Figure 5 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada, stations climatologiques d'Environnement Canada et du ministère de l'Environnement de l'Alberta, et stations de mesure de l'enneigement du ministère de l'Environnement de l'Alberta. Les sites de relevés nivométriques au nord du 60° parallèle sont exploités par Affaires autochtones et Développement du Nord Canada. Les sites de relevés nivométriques en Colombie-Britannique sont exploités par le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique.....	83
Figure 6 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada, stations climatologiques d'Environnement Canada et du ministère de l'Environnement de l'Alberta, et stations de mesure de l'enneigement du ministère de l'Environnement de l'Alberta et d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada dans la région d'expansion géographique.....	84
Figure 7 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada, stations climatologiques d'Environnement Canada et du ministère de l'Environnement de l'Alberta, et stations de mesure de l'enneigement du ministère de l'Environnement de l'Alberta dans la région du delta des rivières de la Paix et Athabasca. AWOS = Système automatisé d'observations météorologiques; SC = Station climatologique; A = Aéroport (si la lettre A figure après AWOS, cela signifie que l'AWOS se trouve dans cet aéroport).	85
Figure 8 : Régions d'étude de Parcs Canada dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca pour connaître les étendues d'eau et le changement de la communauté végétale au fil du temps.....	86
Figure 9 : Sites actifs et inactifs du programme RAMP dédiés à la surveillance de la qualité des sédiments et des invertébrés dans la région d'expansion géographique (avec ajout de la région dont la surface est exploitabile).....	87
Figure 10 : Sites actifs et inactifs du programme RAMP dédiés à la surveillance de la qualité des sédiments et des invertébrés dans la région du delta des rivières de la Paix et Athabasca.....	88
Figure 11 : Usines de pâtes et papiers et mines de métaux visées par le Programme d'études de suivi des effets sur l'environnement, dans les bassins des rivières de la Paix et Athabasca.....	89
Figure 12 : Études ciblées passées : Sites de surveillance de la qualité de l'eau du projet AO SERP résumés par Corkum (1985).	90

Figure 13 : Études ciblées passées : Sites d'échantillonnage du programme AOSERP pour les contaminants dans le biote aquatique (Lutz et Hendzel, 1976).....	91
Figure 14 : Études ciblées passées : Échantillons de sédiments analysés dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord pour déceler la présence de métaux et les concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques.	92
Figure 15 : Études ciblées passées : Échantillons de poissons analysés dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord pour déceler la présence de métaux et les concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques.	93
Figure 16 : Surveillance historique de la laquaïche aux yeux d'or dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca (Donald <i>et al.</i> , 2004).	94
Figure 17 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada dans les rivières de la Paix, Athabasca et des Esclaves, utilisées dans le passé pour estimer les charges sédimentaires.	95
Figure 18 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada dans la région d'expansion géographique utilisées dans le passé pour estimer les charges sédimentaires.....	96

Remerciements

Nous aimerais remercier un certain nombre de personnes pour leur contribution variée. Les activités de localisation, la collecte, l'organisation et la production des renseignements, les couches du système d'information géographique, l'établissement de cartes et l'élaboration de tableaux ont commencé au cours de la phase 1, et une grande partie de ces données était également applicable à la phase 2. Les couches du système d'information géographique de la phase 1 ont été fournies par Heather Keith et Hatfield Consultants, Mark Gilchrist (Environnement Canada) et Robert Magai (ministère de l'Environnement de l'Alberta). De nombreux autres professionnels dévoués ont apporté leur soutien et fourni des, notamment Hannah McKenzie, Livo Fent, Ron Mossman, Wolf Stroebel, Morna Hussey et Rick Pickering. D'autres couches du système d'information géographique et commentaires pour la phase 2 ont été fournis par Dawn Andrews, Parcs Canada, et Peter Lee et Ryan Cheng, Observatoire mondial des forêts Canada. Kendra Meier a contribué au tableau de données et participé à la recherche de documents relatifs au programme RAMP. Les sections de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* relatives aux effluents municipaux dans la zone géographique élargie ont été fournies par Stephen Yeung du ministère de l'Environnement de l'Alberta. Janice Boyd nous a aidés à démêler les données de l'étude de suivi des effets sur l'environnement. Les services de bibliothèque de Warren Wulff ont été extrêmement utiles, particulièrement pour localiser les rares copies papier du Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta et autres rapports historiques. Kaleb Wagner s'est avéré indispensable pour les recherches documentaires, l'élaboration et l'alimentation du tableau de données, l'organisation du travail, les références et le travail d'édition.



INTRODUCTION

PLAN DE SURVEILLANCE INTÉGRÉE POUR LES SABLES BITUMINEUX (PHASE 2)

Des rapports récents sur les sables bitumineux (Lott et Jones, 2010; Société royale du Canada, 2010) critiquent les activités de surveillance menées dans la région. Kelly et ses collaborateurs (2009 et 2010) ainsi que Schindler (2010) ont soulevé des questions concernant le bien-fondé et la crédibilité des programmes de surveillance environnementale actuels instaurés dans la région des sables bitumineux. Donahue (2011) a abordé les activités de surveillance entreprises par le gouvernement et le programme RAMP (Regional Aquatics Monitoring Program) dans cette région et a formulé des suggestions sur la manière de concevoir des programmes de surveillance solides.

La Commission d'examen fédérale sur les sables bitumineux a été mise sur pied pour examiner les activités de surveillance dans la région des sables bitumineux (Dowdeswell *et al.*, 2010). Le rapport de la Commission, présenté en décembre 2010, demande qu'un programme de surveillance des sables bitumineux plus rigoureux et plus efficace soit instauré et exécuté. En réaction à ce rapport et à d'autres préoccupations, le ministre fédéral de l'Environnement a confié à Environnement Canada, en collaboration avec le gouvernement de l'Alberta, l'élaboration d'un programme préliminaire de surveillance de la qualité des eaux de surface (phase 1) du cours inférieur de la rivière Athabasca et de ses affluents, et ce, dans un délai de 90 jours (Environnement Canada et ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2011a).

Le ministre de l'Environnement a donc publié en mars 2011 le cadre conceptuel d'un programme détaillé de surveillance de la qualité de l'eau du cours inférieur de la rivière Athabasca : *Phase 1 du Plan de surveillance de la qualité de l'eau du cours inférieur de la rivière Athabasca* (Environnement Canada et ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2011a). La phase 1 du programme de surveillance des sables bitumineux a été élaborée pour la qualité de l'eau; elle est essentiellement axée sur les caractéristiques physiques et chimiques du secteur des sables bitumineux exploitables (de surface) [voir la figure 1]. Les prochaines étapes ont pour but d'élargir le programme à une plus grande zone géographique, d'inclure d'autres milieux naturels comme l'air, mais aussi la biodiversité, et de veiller à ce que les programmes propres à chaque milieu soient intégrés en une seule approche écosystémique globale (Environnement Canada et ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2011a).

L'Alberta a également réuni un groupe d'experts pour examiner la situation des activités de surveillance des sables bitumineux et formuler des recommandations d'amélioration et de mise en œuvre. En janvier 2011, un groupe d'experts indépendants a été choisi pour concevoir un système de surveillance environnementale à l'échelle provinciale devant d'abord se concentrer sur la région du cours inférieur de la rivière Athabasca (Alberta Environmental Monitoring Panel 2011). Les conclusions et les recommandations de la Commission d'examen fédérale sur les sables bitumineux et celles de l'Alberta Environmental Monitoring Panel étaient très semblables. Le groupe d'experts de l'Alberta a ajouté des recommandations précises en matière de gouvernance, tout particulièrement que l'Alberta mette sur pied une commission de surveillance environnementale indépendante (Alberta Environmental Monitoring Panel, 2011).

Par ailleurs, la province de l'Alberta a créé un comité d'examen des données de surveillance de la qualité de l'eau pour passer en revue les articles de Kelly et de ses collaborateurs (2009 et 2010), les rapports du ministère de l'Environnement de l'Alberta en la matière et le programme RAMP. Ce comité d'examen a été chargé d'examiner les plans d'étude, les données et les approches statistiques pour déterminer si les conclusions des rapports étaient cohérentes et comparables. On a jugé, en raison des méthodes et des objectifs différents de ces études, que leurs conclusions ne se contredisaient généralement pas, malgré les différences d'interprétation occasionnelles et les plans d'étude négligés. Des recommandations ont été formulées pour

améliorer la qualité et la rigueur scientifique des programmes de surveillance de la qualité de l'eau (Dillon *et al.*, 2011).

La phase 2 du plan de surveillance des sables bitumineux est fondée sur la phase 1, mais elle dépasse sa portée parce qu'elle offre des schémas de contrôle plus détaillés en vue d'une couverture géographique plus large des bassins hydrographiques pertinents et des zones en aval, ainsi que des détails à surveiller en matière de qualité de l'air et de composantes de l'écosystème aquatique et terrestre. Le *Plan de surveillance de l'environnement intégré des sables bitumineux* (Environnement Canada et ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2011b) donne un aperçu de la phase 2 du programme de surveillance. La partie de la phase 2 qui traite du milieu aquatique est décrite dans l'ouvrage *Integrated Monitoring Plan for the Oil Sands – Expanded Geographic Extent for Water Quality and Quantity, Aquatic Biodiversity and Effects, and Acid Sensitive Lake Component* (Environnement Canada et ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2011c) publié en juillet 2011.

ÉLARGISSEMENT DE L'ÉTENDUE GÉOGRAPHIQUE

La phase 2, Élargissement de l'étendue géographique, vise à agrandir la portée du programme de surveillance aquatique décrit dans le cadre de la phase 1 de façon à inclure d'autres bassins versants pertinents en aval, dont le cours inférieur de la rivière de la Paix, le delta des rivières de la Paix et Athabasca, le lac Athabasca et la rivière des Esclaves, qui culmine au delta de la rivière des Esclaves. L'élargissement de la zone géographique a considérablement compliqué les choses sur le plan hydrologique et écologique. Il est notamment possible que d'autres sources naturelles et anthropiques de contamination soient découvertes, et que les contaminants soient déposés, dispersés, dilués ou dégradés lors du transport sur de vastes zones géographiques (Environnement Canada et ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2011b). La nature transfrontalière complexe du drainage dans cette vaste zone est illustrée aux figures 1 et 2 (ainsi qu'à la figure 11).

Ferguson (1985) a compilé un historique de l'intérêt manifesté envers les sables bitumineux de l'Athabasca. Les toutes premières descriptions écrites des sables bitumineux sont des notes prises par des explorateurs européens. Alexander Mackenzie décrit les « fontaines bitumineuses » ou les bassins qu'il trouve sur la rivière Athabasca, qui pourraient être mélangés avec de la gomme d'épinette et utilisés pour traiter les canots, et écrit également qu'il a « découvert des veines de bitume de la même qualité sur les berges de la rivière, qui sont très élevées » (près de ce qui est maintenant Fort McMurray). Les évaluations scientifiques ont débuté par des études géologiques et géographiques réalisées par le gouvernement fédéral dans les années 1870 et 1880. La Commission géologique du Canada a examiné et évalué les sables bitumineux dans le cadre d'une évaluation des ressources dans l'Ouest. Les registres d'expédition de la Commission décrivent des « shales bitumineux » et des « sables bitumineux », particulièrement le long de la rivière Athabasca, entre Embarras et Clearwater. L'exploitation a débuté aux alentours de 1912, lorsque le gouvernement fédéral a réévalué l'importance du pétrole en tant que ressource, et notamment avec les recherches de pointe de Sidney Ells, un employé de la Commission géologique du Canada à l'époque. Des recherches plus poussées menées par des scientifiques de l'Alberta, dont le travail important de Karl Clark, ont permis l'aménagement d'une usine de séparation à échelle réelle à Fort McMurray, en 1929. Dans le but de commercialiser les sables bitumineux, les activités coordonnées par le gouvernement et l'entreprise privée, par exemple Abasand, Bitumount et certains projets d'essai *in situ*, se sont poursuivies. Le projet de la Great Canadian Oil Sands [aujourd'hui Suncor] au nord de Fort McMurray a pris fin en 1968. Vers 1974, le projet Syncrude, un autre projet majeur, était entrepris (Ferguson, 1985).

Le bassin versant de la rivière de la Paix renferme un autre gisement important de sables bitumineux, les sables bitumineux de la rivière de la Paix (voir les figures 1 et 2), où 14 projets

étaient en cours au moment d'écrire ce rapport (site Web d'Alberta Energy). Il existe des zones d'apport pétrogénétique naturel (boules de goudron, etc.) à proximité de la rivière de la Paix et dans la rivière. Les récits des premiers explorateurs et géologues européens mentionnent également la présence de gisements de sables bitumineux le long de la rivière de la Paix. « Du bitume a été trouvé à certains endroits de la rivière de la Paix et du Petit lac des Esclaves dans les fissures de nodules, et, sur l'île Tar (rivière de la Paix) de petites quantités de goudron étaient ramenées à la surface par une source » (Chambers, 1914). Le géologue John Macoun a également noté la présence de « sources de pétrole » (suinterments) sur la rivière de la Paix (Macoun, 1922).

Un impact d'origine anthropique particulièrement important sur la rivière de la Paix et dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca est le barrage W.A.C. Bennett, qui se trouve à proximité de la ville d'Hudson's Hope, en Colombie-Britannique. Lorsque la construction du barrage s'est terminée en 1968, plusieurs vallées fluviales ont été inondées par la suite, créant ainsi le réservoir Williston. Certains des plus bas niveaux d'eau jamais enregistrés pour la rivière de la Paix, en Alberta, ont été enregistrés lors de la période de remplissage du réservoir Williston, de 1968 à 1971. Depuis l'entrée en exploitation du barrage en 1972, des débits mensuels moyens plus faibles ont été enregistrés au cours de l'été et des débits mensuels moyens plus élevés ont été enregistrés au cours de l'hiver. Le régime des glaces de la rivière de la Paix a également été touché par la régularisation des niveaux d'eau (MacLock *et al.*, 1997).

Les rivières de la Paix et Athabasca se rejoignent dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca. En 1982, le delta a été reconnu par la Convention relative aux zones humides d'importance internationale. La circulation complexe de l'eau dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca est essentielle aux caractéristiques environnementales du delta. Étant donné que la topographie du delta est relativement plate, bon nombre de ses cours d'eau s'écoulent dans des directions différentes, selon les niveaux d'eau relatifs des différentes parties du delta. Lorsque le niveau d'eau du lac Athabasca est supérieur à celui des lacs Claire et Mamawi, l'eau peut s'écouler vers l'ouest dans le delta. Si le niveau d'eau du lac Athabasca est bas, l'eau s'écoule vers l'est, dans le lac Athabasca, en provenance des lacs du delta. Le concept d'inversion est valable pour les principaux chenaux qui drainent le delta : chenal des Quatre Fourches, Revillon Coupé et rivière des Rochers. Habituellement, ces trois chenaux s'écoulent vers le nord et rejoignent la rivière de la Paix, puis deviennent la rivière des Esclaves en continuant vers le nord. Cependant, lorsque le niveau d'eau de la rivière de la Paix dépasse le niveau d'eau du lac Athabasca, l'eau s'écoule vers le sud dans le lac Athabasca et le delta, à partir de la rivière de la Paix. Les variations de débit dans la rivière de la Paix causées par le barrage Bennett ont réduit l'ampleur et la fréquence des inondations naturelles dans le delta, entraînant la sécheresse d'un bon nombre de ses lacs perchés (MacLock *et al.*, 1997).

La zone géographique élargie englobe également un deuxième delta fluvial important, le delta de la rivière des Esclaves. Le delta de la rivière des Esclaves, qui a une superficie d'environ 8 300 km² et une largeur pouvant atteindre 70 km, est moins vaste que le delta des rivières de la Paix et Athabasca, mais il est très important comme habitat du poisson et de la faune, et pour le mode de vie de la population locale (English *et al.*, 1996).

CONTEXTE DU PRÉSENT RAPPORT

Le présent rapport, qui est le deuxième volet de la phase 2, est une compilation bibliographique des programmes et activités de surveillance de l'eau au sein de l'étendue géographique élargie préalablement à la mise en œuvre du plan de surveillance intégré des sables bitumineux (Environnement Canada et ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2011c). Il comprend un tableau de données sur les paramètres échantillonnes dans le cadre des activités et des programmes actuels et historiques les plus pertinents, des abréviés annotés et des descriptions des études et des programmes pertinents, des notes sur les organismes particulièrement pertinents, ainsi que des cartes des sites de surveillance et d'autres renseignements, couvrant la

période allant jusqu'en juillet 2011. Le présent document est un outil bibliographique qui permet de localiser les sources de données sur la qualité de l'eau; c'est un peu comme une feuille de route générale indiquant « qui a mesuré quoi, quand et où? » au sein de l'étendue géographique élargie. Il n'avait pas pour but de recueillir ou de contenir des données. Au départ, le deuxième volet ne devait couvrir que la qualité de l'eau et la quantité d'eau (comme dans la phase 1), puis il a été élargi de manière à inclure les renseignements facilement accessibles au sujet des programmes sur les poissons et des activités de surveillance des invertébrés benthiques dans la Élargissement de l'étendue géographique.

Ce rapport s'attarde surtout aux activités de surveillance et n'avait pas pour but de dresser une liste exhaustive des travaux de recherche publiés dans les principales publications. La surveillance de la qualité de l'eau à long terme a tendance à être associée à des lois, des politiques, des accords et des enjeux intergouvernementaux ou transfrontaliers, et à des exigences du public; à ce titre, elle est habituellement entreprise par divers ordres de gouvernement. On retrouve souvent des données de surveillance historiques dans les rapports gouvernementaux, qui ne sont peut-être pas facilement accessibles par les méthodes modernes de recherche bibliothécaire.

Le présent document présente un résumé des principales activités et des principaux programmes coordonnés depuis juillet 2011, avant la mise en œuvre du plan intégré, ainsi que des activités historiques. Certains organismes concernés par les activités entreprises dans la zone géographique élargie sont également mentionnés. Comme le rapport devait porter uniquement sur la section de l'élargissement de l'étendue géographique de la phase 2, il est possible que certaines données historiques ne concernant pas la zone géographique élargie ne soient pas incluses.

L'outil le plus important dans ce document est l'Annexe 1, qui contient des renseignements précis sur les paramètres échantillonnes dans le cadre des principaux programmes de surveillance et autres activités coordonnés dans la zone géographique élargie jusqu'en juillet 2011. Voici les critères d'inclusion dans l'Annexe 1 :

- les études qui présentent des sites d'échantillonnage dans la zone d'intérêt élargie (même s'il y en a seulement un ou deux parmi une majorité de sites situés à l'extérieur de la zone);
- les études de modélisation de la qualité de l'eau;
- les études s'attardant à la composition de la communauté benthique et de la communauté de poissons. Les études indiquant des mesures de longueur des poissons, leur abondance et leurs déplacements sont incluses seulement si elles évaluent aussi la composition de la communauté de poissons.

Voici les types d'études qui étaient exclus de l'Annexe 1 :

- les études sur la qualité de l'eau et des sédiments qui mentionnent des échantillonnages dans la zone géographique d'intérêt, mais seulement pour les contaminants habituellement associés aux effluents des usines de pâtes et papiers;
- les études qui examinent les programmes d'échantillonnage au sein de la zone géographique d'intérêt, mais qui présentent exclusivement des données d'études, de rapports ou de programmes antérieurs (elles ne présentent pas de nouvelles données);
- les mesures hydrologiques ponctuelles (p. ex. débit, profondeur) prises au cours d'études ciblées sur la qualité de l'eau et des sédiments ou sur les poissons et le benthos;
- les bases de données;
- les études qui prélevaient des échantillons aux fins d'analyse des contaminants destinés à être présentés dans des rapports à venir (source non citée).

Certaines études exclues de l'Annexe 1, en particulier les documents historiques, sont incluses dans le texte si elles fournissent des données potentiellement utiles ou des sources de données sur des sujets précis. Les abrégés annotés de ces études, ainsi que toutes les études mentionnées à l'Annexe 1, sont présentés à la sous-section appropriée.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

La surveillance de la qualité de l'eau à long terme dans la région des sables bitumineux doit être basée sur les activités de surveillance existantes et historiques, et sur les études et les activités ciblées qui ont permis de produire des données et des renseignements au fil du temps. Ces renseignements proviennent de sources et d'emplacements divers et variés. Les données historiques revêtent une importance, car il est possible qu'elles servent de données de référence pour une période antérieure aux activités actuelles d'exploitation des sables bitumineux. Étant donné qu'il n'existe pas de réseau hydrographique comparable au réseau des rivières de la Paix, des Esclaves et Athabasca pouvant servir de référence géographique, on propose comme solution de rechange de comparer les conditions actuelles avec celles du passé (p. ex. référence temporelle).

Il est important de mentionner que les données de référence temporelles éventuelles dépendent de la disponibilité des données à long terme. Il faut recueillir des données pendant au moins 5 ans pour que celles-ci soient utiles (Reid et Ogden, 2006). Dans certains cas, même un ensemble de données de 5 ans ne permet pas de cerner les tendances de façon fiable comme les bases de données de 10, 15 et 30 ans (Burt et al., 2008). La valeur des activités de surveillance à long terme est incontestée. Elles permettent de produire des données applicables à des fins législatives et stratégiques, et d'analyser la situation et les tendances. De plus, elles constituent le meilleur outil pour comprendre la variabilité normale et faire la distinction entre les différents changements à long terme (Burt, 1994).

SURVEILLANCE ET ACTIVITÉS DANS L'ÉTENDUE GÉOGRAPHIQUE ÉLARGIE

A : ÉTUDES CIBLÉES ET DE SURVEILLANCE

A1 : ACTIVITÉS DE SURVEILLANCE À LONG TERME DE LA QUALITÉ DE L'EAU ET DE LA QUANTITÉ D'EAU

A1.1 : Environnement Canada (EC)

A1.1.1 : Qualité de l'eau

Dans les cas où des rivières s'écoulent d'une province à l'autre, des ententes transfrontalières sont conclues pour veiller au maintien de niveaux adéquats de la qualité de l'eau et de la quantité d'eau. Voici des exemples d'ententes transfrontalières : Régie des eaux des provinces des Prairies, Accord-cadre sur la répartition des eaux des Prairies (pour les eaux s'écoulant vers l'est) et Entente-cadre sur les eaux transfrontalières du bassin du Mackenzie (pour le fleuve Mackenzie et ses affluents). En règle générale, Environnement Canada surveille la qualité de l'eau des rivières transfrontalières dans les passages interprovinciaux et, dans certains cas, le fait en partenariat avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta. Environnement Canada surveille aussi, en partenariat avec Parcs Canada, la qualité de l'eau dans un certain nombre de parcs nationaux, y compris celle du cours supérieur de la rivière Athabasca dans le parc national Jasper, et celle de sites sur le cours inférieur des rivières de la Paix et Athabasca, dans le parc national Wood Buffalo. Un site sur la rivière des Esclaves, près de Fort Fitzgerald est surveillé en partenariat avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta.

Avant 1987, les activités de surveillance à long terme en Alberta étaient menées par l'organisme qui finirait par devenir Environnement Canada. Les changements apportés aux emplacements précis des stations d'échantillonnage et le manque de précision des données de géolocalisation dans les premières années font qu'il est difficile d'évaluer des périodes complètes de relevés. Cela dit, certains sites de longue date sont relativement stables; par exemple, les données de la base de données d'Environnement Canada indiquent que des échantillonnages ont été effectués sur la rivière Athabasca, dans la ville d'Athabasca, entre 1961 et 1986, ce qui représente au total 305 échantillons dans la base de données. De plus amples renseignements sont peut-être disponibles en version papier, et bien qu'il n'ait pas été possible de les récupérer en raison des contraintes de temps de la présente phase, il pourrait être utile de les obtenir pour effectuer une analyse des tendances ou des données de référence.

Les figures 2, 3 et 4 montrent les sites de surveillance de la qualité de l'eau à long terme exploités par Environnement Canada dans les bassins des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves. Les renseignements relatifs aux paramètres se trouvent à l'Annexe 1. La figure 2 illustre le contexte régional, qui couvre la majeure partie des bassins hydrographiques des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves. La figure 3 illustre la zone géographique élargie, de la partie sud du parc national Wood Buffalo au Grand lac des Esclaves. La figure 4 représente la région du delta des rivières de la Paix et Athabasca, qui pourrait être un puits potentiel pour tous les effets attribuables aux activités anthropiques en amont. Les paramètres échantillonnés aux sites de surveillance d'Environnement Canada sont énumérés à l'Annexe 1.

A1.1.2 : Quantité d'eau

La quantité d'eau (soit le niveau des lacs et le niveau ou le débit des rivières) est surveillée en Alberta par un réseau de stations hydrométriques exploité par la Division des relevés hydrologiques du Canada. Un petit nombre de stations hydrométriques sont également exploitées par le ministère de l'Environnement de l'Alberta, mais les renseignements ainsi obtenus sont publiés dans la base de données de surveillance hydrologique HYDAT de la Division des relevés hydrologiques du Canada (Rick Pickering, ministère de l'Environnement de l'Alberta, comm. pers.). La surveillance hydrométrique dans le bassin de la rivière de la Paix, en Colombie-Britannique, est effectuée par la Division des relevés hydrologiques du Canada, mais également par BC Hydro dans la zone autour du réservoir Williston (site Web de BC Hydro).

Les données climatiques (précipitations et températures de l'air) recueillies à certains sites fournissent des renseignements utiles pour évaluer les facteurs de premier ordre influençant la qualité de l'eau et la quantité d'eau (p. ex. équivalent en eau de la neige du manteau neigeux de printemps pour calculer la charge polluante).

Les figures 5, 6 et 7 indiquent l'emplacement des stations de contrôle de la quantité d'eau de la Division des relevés hydrologiques du Canada dans les bassins des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves. Sont également incluses les stations climatiques du ministère de l'Environnement de l'Alberta et d'Environnement Canada, ainsi que les stations de mesure de l'enneigement du ministère de l'Environnement de l'Alberta (données sur le profil de neige des plaines et données historiques du ministère de l'Environnement de l'Alberta [en ligne]), du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, et d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (données des relevés nivométriques d'Affaires indiennes et du Nord Canada). Les données à long terme sur les précipitations (p. ex. épaisseur de l'enneigement, équivalent en eau de la neige et chutes de pluie) sont utiles lorsque l'on veut comparer les précipitations de l'année en cours aux précipitations historiques (supérieures ou inférieures à la moyenne) et éventuellement interpoler dans l'espace les données sur les précipitations pour calculer l'apport de polluants pour la région (Greg McCulloch, Division des relevés hydrologiques du Canada, comm. pers.). Les paramètres échantillonnés aux sites de contrôle de la quantité d'eau sont énumérés à l'Annexe 1.

Le jaugeage des cours d'eau consiste à obtenir un compte rendu des hauteurs d'eau dans le temps en mesurant périodiquement l'écoulement, en établissant et en mettant à jour le rapport entre la hauteur d'eau et l'écoulement, et en appliquant ce rapport à la hauteur d'eau mesurée pour obtenir une valeur d'écoulement. La collecte, le traitement, l'archivage et la distribution des données sont réalisés selon une approche normalisée à l'échelle nationale. Les données du réseau fédéral-provincial actuel (ainsi que des sites abandonnés) sont stockées dans la base de données nationale HYDAT de la Division des relevés hydrologiques du Canada (données hydrométriques archivées en ligne) et sont facilement accessibles au public par l'entremise de divers médias, y compris une page Web publique.

<http://www.ec.gc.ca/rhc-wsc/>

La surveillance historique des sédiments aux stations hydrométriques de la Division des relevés hydrologiques du Canada est décrite au paragraphe B.5.

Les activités de recherche scientifique menées par Environnement Canada à l'heure actuelle font suite aux tendances à la baisse de la disponibilité de l'eau mises en évidence dans un article de Schindler et Donahue (2006). Elles évaluent les questions relatives à la disponibilité de l'eau, à l'équilibre hydrique et à la pérennité de l'écoulement jusqu'au cours inférieur et au delta de la rivière Athabasca. Plus particulièrement, les effets potentiels de l'accroissement rapide des aménagements en amont et de la variabilité ou des changements climatiques sur l'écoulement fluvial saisonnier ainsi que sur les paramètres hydrographiques pertinents d'un point de vue écologique et hydrologique (p. ex. quantité et période des débits de pointe et des débits minimaux annuels) sont analysés. L'écoulement fluvial le long du tronçon principal et des affluents de la rivière Athabasca est examiné afin de déterminer si les tendances signalées de

baisse du débit sont visibles dans les régions alpines, les piémonts et les basses terres du bassin versant et, le cas échéant, afin de déterminer quels sont les facteurs de causalité à l'origine des tendances observées (signes climatiques à grande échelle, modification de l'utilisation des terres, utilisations de l'eau, etc.). Le gouvernement fédéral a des responsabilités en ce qui a trait aux eaux frontalières et au débit dans les parcs nationaux et les terres de Premières nations situés en aval de la station d'Embaras.

A1.1.3 : Contaminants des poissons

Un programme national de suivi et de surveillance des contaminants dans le poisson a été adopté par Environnement Canada en 1977. Depuis les débuts du programme, une bonne partie des activités de surveillance cible les eaux canadiennes des Grands Lacs, mais, en 2006, le programme a été élargi en vertu du Plan canadien de gestion des produits chimiques de manière à inclure d'autres plans d'eau du Canada. Le programme national de suivi et de surveillance des contaminants dans le poisson fournit des données sur les concentrations de nouveaux contaminants préoccupants dans l'environnement ainsi que sur les tendances de bioaccumulation, et ce, afin d'éclairer l'évaluation des risques en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) et de l'efficacité des règlements visant à réduire les concentrations de contaminants dans l'environnement. Chaque année, des poissons sont maintenant recueillis dans tous les lacs visés par le Plan de gestion des produits chimiques, leur âge est déterminé et des homogénats du corps entier de tous les poissons échantillonnés sont analysés pour déceler des polybromodiphényléthers (PBDE) [tous les congénères] et 28 métaux (Laboratoire national des essais environnementaux; série de métaux, y compris le mercure), et vérifier la stabilité des rapports isotopiques du carbone et de l'azote (Environnement Canada site Web du programme national de suivi et de surveillance des contaminants dans le poisson).

La teneur en métaux et en contaminants organochlorés des spécimens de touladi et de lotte prélevés dans le Grand lac des Esclaves est surveillée dans le cadre du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (Evans *et al.*, 2005) et ces poissons sont analysés aux termes du Plan de gestion des produits chimiques. La partie ouest du lac Athabasca est l'un des sites d'échantillonnage d'une étude de surveillance des PBDE dans le cadre de laquelle le mercure est également étudié. Les analyses effectuées étaient basées sur le touladi, mais le grand brochet et le doré jaune ont récemment été ajoutés. Il faut également faire des analyses pour déceler les contaminants qui pourraient être présents dans les touladis de l'est du lac Athabasca, du lac Cold, du lac Reindeer et du Grand lac de l'Ours. On s'attend à ce que les activités de surveillance du touladi, du doré jaune et du brochet, qui visent à déceler la présence de mercure et de PBDE, se poursuivent dans la partie ouest du lac Athabasca (Marlene Evans, Environnement Canada, comm. pers.).

Les résultats de ces programmes sont généralement présentés dans les rapports publiés par les auteurs des études (Evans *et al.*, 2005) et les publications ou les rapports concernant l'étendue géographique élargie sont présentés à titre d'études individuelles à l'Annexe 1.

A1.2 : Ministère de l'Environnement de l'Alberta

A1.2.1 : Qualité de l'eau

Après la création du ministère de l'Environnement de l'Alberta et l'élaboration d'une loi provinciale permettant de réglementer les rejets provenant de sources ponctuelles dans les années 1970, l'échantillonnage sur le terrain a été élargi afin d'inclure les sources non ponctuelles liées à l'exploitation forestière, à l'agriculture, à l'exploitation minière, aux eaux de ruissellement urbaines et aux dépôts atmosphériques (site Web du programme sur la qualité des eaux de surface du ministère de l'Environnement de l'Alberta).

Jusqu'en 1987, l'échantillonnage de la qualité de l'eau à long terme a été effectué par Environnement Canada (ou son précurseur). En 1987, les responsabilités liées à l'échantillonnage dans les zones à l'intérieur des frontières de l'Alberta ont été transférées au ministère de l'Environnement de l'Alberta (ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2011).

Le site du Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières de l'Alberta situé à environ 200 km en aval de Fort McMurray recueille des données depuis 1968, mais la station, qui se trouvait sur la piste d'atterrissement d'Embaras (à environ 15 km en aval du site de surveillance d'Environnement Canada, à la 27^e ligne de référence sur la figure 2), a été déplacée à Old Fort, 25 km plus en aval. Cela s'est passé autour de 1990. Durant la saison estivale, le site d'échantillonnage du Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières est toujours situé à Old Fort, mais en hiver, pour des raisons de sécurité et de logistique, l'échantillonnage a plutôt lieu à l'intersection de la route d'hiver et du chenal principal (Rod Hazewinkel, ministère de l'Environnement de l'Alberta, comm. pers.).

Le Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières du ministère de l'Environnement de l'Alberta comprend également un certain nombre de stations sur la rivière de la Paix, en aval et en amont du gisement de sables bitumineux. Comme il a été mentionné dans l'introduction, le gisement de la rivière de la Paix n'est pas visé par l'exploitation à ciel ouvert. Cependant, la rivière traverse des zones où les produits pétrochimiques peuvent s'infiltrer dans le bassin versant par des processus naturels ou anthropiques.

Les sites de surveillance à long terme de la qualité de l'eau du ministère de l'Environnement de l'Alberta sont illustrés sur les figures 2, 3 et 4. Pour autant que l'on sache, la base de données du Ministère contient l'ensemble des données (y compris de nombreuses données du Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta, de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord et de l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord; voir les sections pertinentes ci-dessous) recueillies depuis qu'elle a été créée conjointement avec Environnement Canada (Rod Hazewinkel, ministère de l'Environnement de l'Alberta, comm. pers.). Les paramètres échantillonnes aux sites de surveillance du Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières du ministère de l'Environnement de l'Alberta sont énumérés à l'Annexe 1.

A1.3 : Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique

En Colombie-Britannique, la section de la surveillance et de la production de rapports en matière de qualité de l'eau et de l'air de la Direction de la qualité de l'environnement, Division de la protection de l'environnement est responsable de la surveillance de l'eau et de l'air et de la production des rapports. Le principal dépôt de données de surveillance du Ministère est un réseau de surveillance environnementale. Le réseau a été conçu pour permettre la saisie des données des analyses physiques, chimiques et biologiques de l'eau, de l'air et des rejets de déchets solides, ainsi que les analyses effectuées dans les sites de surveillance du milieu ambiant partout dans la province. Il comprend également des données en matière d'assurance de la qualité. Les échantillons sont recueillis soit par le personnel du Ministère, soit par des titulaires de permis en vertu de l'*Environmental Management Act*, puis analysés dans des laboratoires du secteur public ou privé. Le service de transmission de renseignements Web du réseau de surveillance environnementale permet la consultation des données du réseau. Le service de transmission de renseignements Web du réseau de surveillance environnementale a pour objectif de donner aux membres du personnel du Ministère enregistrés, aux autorités de la santé de la Colombie-Britannique et aux professionnels en environnement qualifiés l'accès aux données d'échantillonnage provinciales en matière de qualité de l'environnement, et, aux fournisseurs d'eau, l'accès aux données sur l'eau potable du réseau de surveillance environnementale. Seul le personnel du Ministère a un accès direct au réseau de surveillance environnementale. Cependant, les données connexes sont à la disposition du grand public sur demande. Des frais de traitement s'appliquent pour ce type de demandes de données (site Web du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique).

http://www.env.gov.bc.ca/epd/wamr/ems_internet/index.html

Les sites d'échantillonnage de la qualité de l'eau du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique situés dans la partie supérieure du bassin versant de la rivière de la Paix sont indiqués sur la figure 2. Par contre, les sites industriels ne sont pas indiqués, bien qu'il existe un certain nombre de sites de surveillance autorisés dans la région.

A1.4 : Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (AADNC)

Le nom de ce ministère fédéral a été modifié à plusieurs reprises au cours des années et divers noms pourraient être proposés dans les références aux différents rapports (Affaires indiennes et du Nord Canada – AINC, ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien – MAINC).

A1.4.1 : Programmes sur la qualité de l'eau et des sédiments de la rivière des Esclaves et du delta de la rivière des Esclaves – Affaires autochtones et Développement du Nord Canada

Depuis 1982, des échantillons ponctuels de la qualité de l'eau ont été prélevés deux fois par année à plusieurs sites dans le South Slave District, y compris à l'embouchure de la rivière des Esclaves (rivière des Esclaves au site du delta : en aval du canal Nagle et en amont du canal Old Steamboat, juste avant que la rivière des Esclaves se jette dans le delta), dans la rivière des Esclaves à Fort Smith (sur la berge) [voir les figures 2 et 3], ainsi qu'à certains autres sites qui sont hors de la portée de l'étendue géographique élargie. Ces échantillons ont été prélevés au cours des années par l'agent des ressources en eau du South Slave District afin d'avoir une idée générale de la qualité de l'eau dans la région. Les échantillons ont été analysés aux fins de détection des variables traditionnelles de qualité de l'eau, des éléments nutritifs et des métaux.

Le Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves a été mis sur pied en 1990 afin de caractériser les conditions naturelles de l'écosystème aquatique de la rivière des Esclaves à Fort Smith, dans les Territoires du Nord-Ouest. Il s'agissait alors d'un programme d'échantillonnage multimédia s'échelonnant sur cinq ans, de 1990 à 1995, ayant pour but de caractériser les conditions naturelles de l'écosystème aquatique de la rivière des Esclaves à Fort Smith, dans les Territoires du Nord-Ouest, au Canada. Le caractère global du programme a fait qu'il s'agissait du premier programme du genre dans les Territoires du Nord-Ouest. Le Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves était un programme coopératif adopté par la Division des ressources hydrauliques, Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, le ministère des Ressources renouvelables du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Pêches et Océans Canada, et Environnement Canada. Le Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves avait les objectifs suivants :

- tenir compte des préoccupations des habitants du Nord concernant la contamination possible des poissons, de l'eau et des sédiments en suspension provenant des usines de pâtes, des hydrocarbures et des exploitations agricoles en amont;
- fournir des données de référence sur les concentrations de contaminants dans les tissus des poissons, l'eau et les sédiments en suspension à la frontière des Territoires du Nord-Ouest afin d'appuyer les négociations sur les eaux transfrontalières engagées par l'Alberta et les Territoires du Nord-Ouest (Sanderson *et al.*, 1997).

Des échantillons d'eau (centraux et échantillons ponctuels) ont été analysés afin d'examiner les préoccupations relatives à l'eau potable, de vérifier les concentrations des contaminants par rapport aux recommandations pour la qualité de l'eau et de fixer des objectifs en matière de qualité de l'eau dans les négociations transfrontalières. Des échantillons de sédiments en suspension ont été recueillis parce que les métaux et les contaminants organiques ont tendance

à s'adsorber sur les petites fractions de la matière particulaire dans les milieux aquatiques. Étant donné que peu ou pas de données historiques sur la qualité des sédiments étaient disponibles pour la rivière des Esclaves, ces activités de surveillance ont également permis d'atteindre l'objectif du programme en matière d'établissement des conditions environnementales de base. Des poissons ont été échantillonnés parce qu'ils ont tendance à bioaccumuler les polluants du milieu aquatique et constituent donc un bon système d'avertissement précoce de la contamination du milieu. Les poissons peuvent constituer une grande partie de l'alimentation dans les Territoires du Nord-Ouest (Sanderson *et al.*, 1997).

Des échantillons ponctuels d'eau ont été analysés aux fins de détection de 37 variables physiques, biologiques et chimiques (ions majeurs, éléments nutritifs et métaux), tandis que des centraux ont été analysés aux fins de détection de 29 variables physiques et chimiques, et de certains composés organiques, par exemple des organochlorés extractibles, 44 composés phénoliques chlorés, 13 pesticides, des biphenyles polychlorés (BPC) et 17 congénères d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Des échantillons de sédiments ont été analysés pour déceler la présence du carbone organique total (COT), de métaux, d'organochlorés extractibles, de composés phénoliques chlorés, de dioxines et de furanes, de pesticides, de BPC et de HAP (voir le Annexe 1). Les échantillons ont été recueillis à des sites de la rivière des Esclaves et à des sites témoin. L'échantillonnage a eu lieu de 1990 à 1995 et les résultats sont résumés dans Sanderson *et al.* (1997).

Depuis l'adoption du Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves, d'autres activités d'échantillonnage intensives ont été entreprises sur la rivière des Esclaves tous les cinq ans. De 2000 à 2007, des échantillons ponctuels d'eau et des centraux, de même que des échantillons de sédiments en suspension ont été prélevés à huit reprises de 2001 à 2003, en 2006 et en 2007. Les échantillons ont été prélevés à mi-chemin sur la rivière des Esclaves (Forth Smith), puis analysés pour déceler la présence d'une série de variables traditionnelles et biologiques similaires à celles évaluées dans l'étude originale (Juanetta Sanderson, Affaires autochtones et Développement du Nord Canada comm. pers.; Anderson *et al.*, en préparation).

Kokelj (2003) a examiné les paramètres hydrologiques de la région de South Slave et analysé les données hydrométriques obtenues au site Fitzgerald de la rivière des Esclaves. Il a aussi effectué une surveillance hydrométrique à un certain nombre de sites dans la région au sud du Grand lac des Esclaves (dont la plupart sont situés à l'extérieur des limites de l'étendue géographique élargie).

A1.4.2 : Études sur les poissons menées par Affaires autochtones et Développement du Nord Canada sur la rivière des Esclaves

Dans le cadre de trois études distinctes, des échantillons de poisson ont été recueillis dans la rivière des Esclaves. L'objectif était de fournir des données de référence sur les niveaux de mercure, d'hydrocarbures et de composés organochlorés dans les tissus des poissons présents dans les cours d'eau transfrontaliers, à l'appui des négociations transfrontalières.

Une étude sur la présence de mercure dans les tissus des poissons a débuté en 1988 et s'est poursuivie pendant trois ans. Des spécimens de doré jaune et de grand brochet ont été pêchés dans les rivières au Foin et des Esclaves, en aval de la frontière entre l'Alberta et les Territoires du Nord-Ouest, ainsi que dans le lac Leland (Grey *et al.*, 1995). Les échantillons ont été analysés par l'Institut des eaux douces, à Winnipeg, pour déterminer les niveaux de mercure total et de méthylmercure. Grey et ses collaborateurs (1995) présentent un résumé de ces valeurs et les comparent aux valeurs obtenues à d'autres sites des Territoires du Nord-Ouest.

En 1988 et 1989, la Division des ressources hydrauliques du ministère des Affaires indiennes et du Nord Canada (aujourd'hui Affaires autochtones et Développement du Nord Canada) a mené, en partenariat avec Pêches et Océans Canada (MPO), des études visant à examiner les niveaux

de contaminants organiques dans les tissus de poissons pêchés dans la rivière des Esclaves ainsi que l'activité enzymatique microsomale chez ces poissons. Les analyses étaient axées sur les produits dérivés (p. ex. naphthalène, phénanthrène) présentant un intérêt pour la composition des eaux usées des sables bitumineux du Nord de l'Alberta et sur les répercussions potentielles de ceux-ci. À l'automne 1988, des spécimens de lotte et de grand corégone ont été pêchés dans la rivière des Esclaves, à Fort Smith. Les tissus de ces poissons ont été analysés pour déceler la présence d'hydrocarbures à point d'ébullition bas et d'oxydases à fonction mixte dans le cadre d'essais de l'activité enzymatique. De plus, la composition immédiate (pourcentage d'humidité, lipides, cendres et protéines) et les facteurs biologiques des poissons ont été consignés et un test de goût a été effectué. En 1989, on a prélevé le foie de spécimens de lotte et de doré jaune, et les échantillons ont été analysés pour déceler la présence d'oxydases à fonction mixte. Les échantillons de tissu musculaire des 12 poissons dont l'activité enzymatique était la plus importante ont été conservés et analysés pour déterminer la teneur en hydrocarbures. En outre, des échantillons de bile ont été analysés pour déceler la présence de métabolites d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les résultats de ces deux années d'échantillonnage sont résumés dans Lockhart *et al.* (1988 et 1991).

À l'hiver et à l'automne 1988 et 1989, la Division des ressources hydrauliques du ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien (aujourd'hui Affaires autochtones et Développement du Nord Canada) et Pêches et Océans Canada ont recueilli des spécimens de lotte et de meunier rouge sur la rivière des Esclaves, près de Fitzgerald, en Alberta, et Fort Smith, dans les Territoires du Nord-Ouest, puis ils ont procédé à l'analyse d'échantillons de ces poissons pour déceler la présence de BPC et de dioxines et furanes chlorés. Un résumé des 1 988 résultats et des ensembles de données brutes est présenté en annexe dans Whittle (1989).

Lors des consultations des collectivités en 1992 et 1993, les citoyens de Fort Résolution ont exprimé des préoccupations à l'égard de la qualité des poissons provenant du Grand lac des Esclaves, dans la baie Résolution, et de la région de l'ancienne station de pompage de Pine Point. Pour répondre à ces préoccupations, la Division des ressources hydrauliques d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada a évalué, en coopération avec Pêches et Océans Canada, la teneur en métaux lourds des tissus des poissons pêchés dans ces régions. En 1992, les poissons ont été pêchés près de la collectivité de Fort Résolution et, à l'automne 1993, à proximité de Dawson Landing et de Pine Point, avec l'aide de pêcheurs locaux. Tous les échantillons ont été analysés pour déceler la présence de 28 éléments, dont l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le plomb, le mercure, le nickel et le zinc. Les poissons provenant de ces régions étaient robustes et présentaient de très faibles concentrations de métaux (Lafontaine, 1997). Peddle et ses collaborateurs (1996) ont poursuivi l'étude.

A1.4.3 : Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord

Au début des années 1990, les contaminants de l'Arctique canadien et les voies et processus de ces contaminants ont été étudiés dans le cadre de la Stratégie de protection de l'environnement arctique. L'étude très approfondie s'est penchée sur les eaux douces et l'eau de mer, l'atmosphère, les sédiments et le biote et elle a contribué à diverses évaluations, y compris le Programme international de surveillance et d'évaluation de l'Arctique. La Stratégie de protection de l'environnement arctique a été suivie du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord.

Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord a été créé en 1991 dans le but de répondre à certaines préoccupations liées à l'exposition de l'homme à des concentrations élevées de contaminants dans les tissus d'espèces sauvages qui représentent une partie importante de l'alimentation traditionnelle des Autochtones du Nord. Les premières études ont permis de découvrir une grande variété de substances – polluants organiques persistants, métaux lourds et radionucléides – dont un grand nombre n'avait aucune source dans l'Arctique ni au Canada, mais atteignait néanmoins des niveaux élevés et inattendus dans l'écosystème.

arctique en raison du transport à grande distance. Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord finance les recherches scientifiques sur les contaminants dans le Nord. Les activités financées par le Programme s'insèrent dans cinq sous-programmes : santé humaine, environnement, éducation, coordination nationale et régionale, et partenariats avec les Autochtones. Sur le plan géographique, le Programme se concentre sur le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut (site Web du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord, juillet 2011¹).

Des liens aux rapports et aux publications découlant des activités de recherche et de surveillance entreprises dans le cadre du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord et du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique sont fournis sur le site Web du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord. Les activités de recherche et de surveillance financées en vertu du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord réalisées dans la zone géographique élargie (delta des rivières de la Paix et Athabasca, rivière et delta des Esclaves) sont indiquées à l'Annexe 1 sous forme de publications de recherche (Evans *et al.*, 2005) ou de rapports de recherche (Evans *et al.*, 1998b).

A1.5 : Parc national du Canada Wood Buffalo

Le parc national Wood Buffalo, qui s'étend en Alberta et dans les Territoires du Nord-Ouest, est le plus grand parc national du Canada (44 807 km²), un site du patrimoine mondial de l'UNESCO et le deuxième parc national en importance au monde. Le parc a initialement été créé en 1922 pour protéger les derniers troupeaux de bisons des bois en liberté dans le Nord du Canada. Il a par la suite été désigné comme habitat essentiel pour la Grue blanche (une espèce en voie de disparition). En 1982, le delta des rivières de la Paix et Athabasca et l'aire de nidification de la Grue blanche étaient ajoutés à la liste des zones humides d'importance internationale de la Convention de RAMSAR. La productivité et la diversité biologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca dépendent des apports réguliers en eau et en éléments nutritifs des rivières de la Paix, Athabasca et Birch, et du lac Athabasca. Les répercussions des facteurs de stress externes et des changements climatiques sur la quantité d'eau et la qualité de l'eau sont particulièrement préoccupantes. La population locale déclare que les changements écologiques (tels que les modifications des communautés végétales, des niveaux d'eau et des utilisations par la faune) ont eu des répercussions sur l'utilisation traditionnelle de la région et sur les voies de raccordement à la région (Parcs Canada, 2010).

Le parc national Wood Buffalo a adopté un programme de surveillance active qui permet de rassembler les résultats de quatre indicateurs de l'intégrité écologique en place : la forêt, le delta, les terres humides, et les cours d'eau et les rivières (voir la figure 8). Les indicateurs liés à l'eau et leurs mesures (y compris les organismes concernés) sont notamment les suivants :

- Delta – hydrologie du lac Claire et du lac Athabasca (ministère de l'Environnement de l'Alberta), données historiques sur les inondations datant des années 1850 (parc national Wood Buffalo), transects de la végétation des terres humides (parc national Wood Buffalo) et communauté de poissons (Environnement Canada et autres organismes);
- Terres humides (principalement l'aire de nidification de la Grue blanche, soit 5 000 km² dans la partie nord du parc) – couples nicheurs de Grues blanches (dénombrément total effectué par le Service canadien de la faune et le parc national Wood Buffalo), suivi des paramètres hydrologiques des terres humides assuré par le parc national Wood Buffalo et élaboration d'un indicateur amphibien;

¹ Note de la rédaction : Le site Web d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada a été modifié après la rédaction du présent document. Il est désormais possible d'accéder au Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord en cliquant sur le lien suivant : <http://www.aadnc-aandc.gc.ca/1323297155186/1323297233327>.

- Rivières – mesure de la quantité d'eau aux stations de la Division des relevés hydrologiques du Canada (Environnement Canada), c'est-à-dire à Peace Point (rivière de la Paix), en aval de Fort McMurray (rivière Athabasca) et sur la rivière Birch, et évaluation de la qualité de l'eau des rivières de la Paix et Athabasca entreprises dans le cadre de l'entente de coopération conclue entre Environnement Canada et le parc national Wood Buffalo (Jeff Shatford, parc national Wood Buffalo, comm. pers.).

Les composantes terrestres, atmosphériques et fauniques ne sont pas mentionnées ici, mais sont présentées dans le plan de gestion du parc national Wood Buffalo (Parcs Canada, 2010). Le plan de gestion du parc exige la mise en route de programmes de surveillance des ressources, notamment le Programme de surveillance écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca (voir la section D2 ci-dessous). Ce programme doit être complètement mis au point d'ici 2015. À mesure que le programme de surveillance de l'intégrité écologique du parc sera perfectionné, les connaissances traditionnelles et la science occidentale seront davantage intégrées dans les activités de surveillance (Parcs Canada, 2010).

A1.6 : Programme régional de surveillance du milieu aquatique

Le programme régional de surveillance du milieu aquatique (RAMP) est un programme multilatéral de surveillance environnementale financé par l'industrie qui a été lancé en 1997. Il a pour mandat général de déterminer, d'évaluer et de communiquer l'état du milieu aquatique et tout changement qui pourrait découler des effets cumulatifs de l'exploitation des ressources au sein de la municipalité régionale de Wood Buffalo. Le programme RAMP intègre des activités de surveillance aquatique dans différents éléments du milieu aquatique, à différents emplacements géographiques, dans l'exploitation des sables bitumineux de l'Athabasca et dans d'autres types d'exploitation. La coordination des activités de surveillance entre les membres du programme RAMP permet de constituer une base de données régionale exhaustive, accessible au public qui peut être utilisée par les opérateurs dans le cadre de leurs programmes de gestion environnementale, pour vérifier la conformité des approbations réglementaires avec les exigences écologiques et évaluer les projets d'exploitation, ainsi que par d'autres intervenants qui s'intéressent à la santé du milieu aquatique dans la région des sables bitumineux de l'Athabasca (programme RAMP, 2011).

Le programme RAMP est dirigé par un comité directeur multilatéral. Cet organisme décisionnel est constitué d'entreprises de sables bitumineux et d'autres industries, de représentants autochtones et d'organismes gouvernementaux municipaux, provinciaux et fédéraux. Le programme RAMP a également formé un comité technique qui, d'année en année, est responsable de la mise sur pied et de l'étude d'un programme de surveillance technique pour le programme RAMP, lequel est divisé en sous-groupes propres à chaque discipline qui élaborent et étudient leurs différents éléments aux fins d'intégration dans le programme de surveillance général. Les chercheurs (l'équipe Hatfield du programme RAMP, qui était composée en 2010 du Hatfield Consultants Partnership, de Kilgour and Associates Ltd. et de Western Resource Solutions) effectuent essentiellement le travail de terrain, procèdent à l'analyse des données et produisent des rapports (programme RAMP, 2011).

En 2010, le programme RAMP était centré sur six composantes des écosystèmes aquatiques de la forêt boréale (les aspects qui ne sont pas liés à l'eau ne sont pas examinés ici) :

- Les paramètres climatiques et hydrologiques permettent de surveiller les variations dans la quantité d'eau qui s'écoule dans les rivières et les cours d'eau dans la région d'étude du programme RAMP, le niveau des lacs dans certains plans d'eau et les conditions climatiques locales;
- La qualité de l'eau des rivières, des lacs et de certaines terres humides est le reflet de la qualité de l'habitat et de l'exposition potentielle des poissons et des invertébrés aux produits chimiques organiques et inorganiques;

- Les communautés d'invertébrés benthiques servent d'indicateurs biologiques et sont des éléments importants de l'habitat du poisson. La qualité des sédiments constitue un lien entre les conditions physiques et chimiques de l'habitat et les communautés d'invertébrés benthiques. Ces communautés sont évaluées dans les rivières, les lacs et certaines terres humides;
- Les populations de poissons des rivières et des lacs servent d'indicateurs biologiques de l'intégrité de l'écosystème et représentent une ressource de grande valeur dans la région des sables bitumineux de l'Athabasca;
- Les lacs sensibles à l'acidification font l'objet d'une surveillance en vue d'évaluer les variations potentielles dans la qualité de l'eau résultant de l'acidification.

Bien que la majeure partie du programme RAMP soit centrée sur les sables bitumineux exploitables (de surface), lesquels ne sont pas visés par la phase 2 de l'élargissement de l'étendue géographique, un certain échantillonnage des communautés d'invertébrés benthiques et des sédiments du delta de la rivière Athabasca est tout de même effectué dans le cadre du programme. Les figures 9 et 10 indiquent les sites d'échantillonnage des invertébrés benthiques et des sédiments du programme RAMP pour l'étendue géographique élargie. Les paramètres échantillonnés sont indiqués à l'Annexe 1.

A1.6.1 : Composante « communautés d'invertébrés benthiques » du programme RAMP

Le programme RAMP met l'accent sur une caractérisation des communautés d'invertébrés benthiques fondée sur l'abondance totale, la richesse taxinomique et la diversité dans les zones en aval plutôt qu'en amont des projets d'intérêt. Ces activités de surveillance sont axées sur les affluents de la rivière Athabasca et les terres humides de la région (lacs peu profonds).

Historiquement, le tronçon principal de la rivière Athabasca était également échantillonné, mais cet échantillonnage a été interrompu en 1998 en raison de problèmes liés à la nature transitoire/changeante des sédiments benthiques. Des échantillons sont aussi prélevés dans quatre secteurs du delta de la rivière Athabasca. On juge que le delta de la rivière Athabasca, qui est une zone où les dépôts de sédiments sont importants, peut être touché par les projets d'exploitation à long terme (programme RAMP, 2011).

Des échantillons d'invertébrés benthiques ont été recueillis dans quatre tronçons de sédimentation du delta de la rivière Athabasca à l'automne 2010 :

- Test de sédimentation dans le chenal Big Point (tronçon BPC-1), échantillonné de 2002 à 2005 et de 2007 à 2010;
- Test de sédimentation dans le chenal Fletcher (tronçon FLC-1), échantillonné de 2002 à 2005 et de 2007 à 2010;
- Test de sédimentation dans le chenal Goose Island (tronçon GIC-1), échantillonné de 2002 à 2005 et de 2007 à 2010;
- Test de sédimentation dans la rivière Embarras (tronçon EMR-2), échantillonnée pour la première fois en 2010 (programme RAMP, 2011).

L'échantillonnage des invertébrés benthiques a été réalisé en suivant les méthodes employées auparavant dans le cadre du programme RAMP (2009) et par Golder (2003a). Cinq réplicats d'échantillons ponctuels Ekman ont été prélevés le long des chenaux du delta de la rivière Athabasca (en général, ce sont dix réplicats qui sont prélevés aux autres sites d'échantillonnage de sédiments). D'autres variables à l'appui ont également été mesurées (largeur du chenal mouillé et à pleins bords [évaluation visuelle]); mesures sur le terrain de la qualité de l'eau (oxygène dissous, conductivité, température, pH); vitesse du courant; profondeur de l'eau; granulométrie du substrat (évaluations visuelles exprimées sous forme de pourcentage);

échantillons Ekman supplémentaires aux sites de sédimentation aux fins d'analyse des sédiments (carbone organique total, métaux, HAP et granulométrie) [programme RAMP, 2011].

Les paramètres calculés pour chaque échantillon d'invertébrés benthiques étaient les suivants : abondance (nombre total d'individus/m²); richesse taxonomique (nombre de taxons distincts); indice de diversité de Simpson; régularité; pourcentage EPT (éphéméroptère, plécoptère, trichoptère). La moyenne des paramètres de mesure était ensuite calculée pour chaque tronçon de rivière ou lac afin d'illustrer les tendances temporelles. Une analyse de la variance a été effectuée pour évaluer les variations au fil du temps dans les tronçons de rivière ou les lacs exposés à l'exploitation des sables bitumineux depuis 1997. Les changements possibles au sein des communautés d'invertébrés benthiques ont été évalués en comparant les paramètres mesurés dans les tronçons désignés comme « tronçons tests » aux paramètres des tronçons de référence en amont ou aux conditions préalables à l'exploitation (analyse de la variance). Le delta de la rivière Athabasca est considéré comme unique dans l'analyse, car il n'existe aucun vrai tronçon de référence dans la région pouvant permettre une comparaison adéquate. On considère que les conditions de base pour l'habitat du delta de la rivière Athabasca sont définies par l'ensemble des données obtenues antérieurement, de 1998 à 2009 (programme RAMP, 2011).

A1.6.2 : Examen des études historiques sur les invertébrés dans le cadre du programme RAMP

Un rapport extrêmement utile a été publié dans le cadre du programme RAMP. Il s'agit d'une revue et d'une analyse des données historiques sur les invertébrés benthiques présents dans les rivières et les cours d'eau de la région des sables bitumineux (Golder, 2003b). Des études précédentes sur le benthos ont fourni une grande quantité de données sur les plans d'eau de la région des sables bitumineux. Les données historiques disponibles ont été revues dans le but d'améliorer le volet lié aux activités de surveillance du benthos du programme RAMP, en se basant sur les expériences acquises lors d'études précédentes, et dans le but de faire un résumé des données de référence aux fins de comparaisons et d'évaluations futures des tendances. L'objectif du rapport était de donner un aperçu des données historiques disponibles sur les invertébrés benthiques (données des études antérieures et de l'étude RAMP de 2001), en mettant l'accent sur la rivière Athabasca, ses principaux affluents et les petits cours d'eau (Golder, 2003b).

Les études précédentes sur le benthos étaient considérées dans l'analyse documentaire lorsque les données quantitatives sur les communautés benthiques avaient été recueillies au moyen d'appareils d'échantillonnage standard et les données brutes ou un sommaire des données étaient présentés. Les caractéristiques de chaque étude ont été résumées et les données brutes relatives aux rivières et aux cours d'eau ont été saisies dans des tableaux électroniques. Les sites ont été cartographiés et renumérotés. Les sources de données et l'emplacement des sites en eaux calmes ont été fournis, mais aucun sommaire des données n'a été présenté. Les caractéristiques de l'habitat, les variables principales des communautés benthiques et les variations saisonnières et d'année en année des caractéristiques des communautés benthiques ont été résumées pour les études procédant à l'échantillonnage des substrats naturels de la rivière Athabasca, des rivières MacKay, Muskeg et Steepbank (trois affluents dans la principale zone d'exploitation), des petits cours d'eau au nord de Fort McMurray, et des cours d'eau et des rivières au sud de Fort McMurray. Des listes des espèces ont également été préparées (Golder, 2003b). La plupart des données historiques semblaient être d'une qualité acceptable et ont été recueillies à l'aide d'appareils d'échantillonnage benthique standard qui sont encore largement utilisés. La majorité des données historiques disponibles a été compilée en format électronique à des fins éventuelles d'analyse (Golder, 2003b).

Un aspect particulièrement utile de cette analyse documentaire RAMP est qu'un certain nombre de rapports internes de l'industrie relativement inaccessibles sont résumés. Certains rapports de

littérature grise du gouvernement provincial, qui sont également difficiles d'accès, ont été inclus. En outre, les données préparées en format électronique constituent une ressource précieuse pour les scientifiques des invertébrés.

A1.6.3 : Composante « sédiments » du programme RAMP

Depuis 2006, la qualité des sédiments a été suivie de près dans le cadre du programme RAMP conjointement avec le volet des invertébrés benthiques afin de recueillir des données pouvant justifier l'interprétation des résultats liés à la surveillance des invertébrés benthiques. Des échantillons de sédiments sont prélevés au site d'échantillonnage le plus en aval de tous les tronçons fluviaux de sédimentation échantillonnés pour les invertébrés benthiques, et dans tous les lacs et toutes les terres humides échantillonnés pour les invertébrés benthiques. À chaque station, deux à quatre échantillons instantanés de sédiments sont recueillis à l'aide d'une drague Ekman. Les échantillons instantanés sont homogénéisés en un seul échantillon composite (programme RAMP, 2009).

Les échantillons de sédiments sont acheminés à des laboratoires aux fins d'analyse des variables suivantes :

- Variables physiques – distribution granulométrique : proportion (%) de sable, de limon et d'argile;
- Teneur en carbone – carbone inorganique total, carbone organique total, carbone total;
- Matières organiques – BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylène), hydrocarbures par catégorie de taille (CCME : hydrocarbures totaux fraction C4; C6-C10, C10-C16, C16-C34 et C34-C50), hydrocarbures totaux;
- Métaux totaux;
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) cibles et homologues alkylés;
- Toxicité – survie et croissance de l'amphipode *Hyalella azteca*, et survie et croissance de la larve de mouscheron *Chironomus tentans*.

L'analyse des données sur la qualité des sédiments est axée sur les paramètres de mesure qui sont considérés comme importants par les études d'impact environnemental sur les sables bitumineux, qui sont préoccupants ou qui ont un intérêt particulier dans la région des sables bitumineux, ou qui sont importants pour d'autres éléments du programme RAMP. La qualité des sédiments est évaluée en comparant les résultats mesurés aux valeurs historiques, aux valeurs préalables à l'exploitation et aux valeurs de référence régionales afin de déterminer si des changements ont eu lieu et à quelles stations d'échantillonnage la qualité des sédiments ne respecte pas l'intervalle de variabilité naturelle. La relation entre la qualité des sédiments et les paramètres de mesure des invertébrés benthiques est évaluée au moyen d'une analyse de corrélation statistique qui permet de déterminer quelles caractéristiques de l'habitat ont systématiquement une incidence sur la composition de la communauté d'invertébrés benthiques (programme RAMP, 2011; site Web du programme RAMP).

Les ressources qui ont été affectées initialement à l'échantillonnage des sédiments dans la rivière Athabasca dans le cadre de la saison d'échantillonnage 2006 ont plutôt été affectées à une étude ponctuelle exhaustive sur les sédiments dans le delta de la rivière Athabasca. Au total, ce sont 11 stations qui ont été échantillonnées à ce moment-là, dont 3 des stations à long terme (chenal Big Point – BPC, chenal Fletchers – FLC, chenal Goose Island – GIC) et 8 nouvelles stations (programme RAMP, 2006).

Depuis juillet 2011, le programme RAMP exploite 3 stations d'échantillonnage dans le delta afin de recueillir des données sur la qualité des sédiments : la station du chenal Big Point (BPC-1), qui a été échantillonnée de 1999 à 2003, en 2005 et de 2007 à 2010; la station du chenal Goose

Island (GIC-1), qui a été échantillonnée de 2001 à 2003, en 2005 et de 2007 à 2010; la station du chenal Fletchers (FLC-1), qui a été échantillonnée de 2001 à 2003, en 2005 et de 2007 à 2010. De plus, une station sur la rivière Athabasca, à proximité du delta (ATR-ER) a été échantillonnée de 2000 à 2005 et de 2007 à 2010, et une station sur la rivière Embarras, à proximité du delta (EMR-2) a été échantillonnée en 2005, puis plus récemment en 2010 (Wade Gibbons, Hatfield Consultants, comm. pers.).

L'échantillonnage des sédiments dans le tronçon principal de la rivière Athabasca a été interrompu en 2005. Les sédiments ne s'accumulent généralement pas dans le tronçon principal en grande partie en raison du lessivage rapide au moment de la crue; le débit moyen augmente alors et passe d'environ 125 m³/s à 2 000 m³/s. Les activités d'échantillonnage des sédiments ont donc été déplacées dans le delta de la rivière Athabasca, une zone de dépôt où la qualité des sédiments qui s'accumulent au fil du temps peut être surveillée. En 2006, la composante « qualité des sédiments » a été intégrée à la composante « invertébrés benthiques » et l'échantillonnage des sédiments dans les tronçons d'érosion a été interrompu. La qualité des sédiments dans les tronçons de dépôts d'invertébrés benthiques est évaluée pour estimer la qualité de l'habitat des invertébrés benthiques et si les changements des sédiments fins qui s'accumulent au fil du temps sont liés à l'exploitation des sables bitumineux et à d'autres procédés (programme RAMP, 2011; site Web du programme RAMP).

A1.6.4 : Composante « populations de poissons » du programme RAMP

L'objectif de la composante « populations de poissons » du programme RAMP est de surveiller l'état de santé des populations de poissons de la région des sables bitumineux de l'Athabasca. Les activités de surveillance sont centrées sur la rivière Athabasca et ses principaux affluents, lesquels pourraient être influencés par les projets locaux. Dans le cadre du programme RAMP, une série d'activités de surveillance sont entreprises pour évaluer et consigner les caractéristiques écologiques des populations de poissons, la charge des produits chimiques et l'utilisation de l'habitat dans la région des sables bitumineux de l'Athabasca. Il s'agit notamment d'effectuer un inventaire ichthyologique, de prélever des échantillons de tissu pour déceler la présence de produits chimiques organiques et inorganiques, de suivre de près l'état de santé des espèces de poissons indicatrices par une évaluation des indicateurs de rendement (état de santé physique, âge de la population et comparaisons longueur/poids) et de surveiller l'utilisation des affluents comme habitat lors du frai du printemps (programme RAMP, 2011).

Dans le cadre du programme RAMP, la plupart des activités d'échantillonnage intensif des poissons sont réalisées dans la région des sables bitumineux exploitables (de surface), laquelle se trouve à l'extérieur des limites de l'étendue géographique élargie. Le programme RAMP ne présente pas les données recueillies dans quatre lacs de l'arrière-pays de Richardson, au nord du bassin de la rivière Firebag, en partenariat avec le ministère du Développement durable des ressources de l'Alberta (Alberta Sustainable Resource Development) dans le cadre d'un programme intitulé *2009-2010 RAMP Regional Lakes Sampling Program* (programme RAMP, 2011). Comme ces lacs se trouvent à proximité de la zone géographique élargie, les renseignements concernant cette partie de la composante « populations de poissons » du programme RAMP sont résumés ci-dessous.

En 2009, les tissus d'un sous-échantillon sacrifié de grands corégones, de dorés jaunes et de grands brochets capturés dans un lac sans nom, mais connu localement sous le nom de « lac Jackson » (dans l'arrière-pays de Richardson, au nord de Fort McMurray) ont été analysés au moment de l'inventaire des populations de poissons du ministère du Développement durable des ressources de l'Alberta. L'échantillonnage a eu lieu du 14 au 20 septembre 2009 dans le cadre du programme de capture par filet pour faire l'inventaire de la population de dorés jaunes (Fall Walleye Index Netting) réalisé par le ministère du Développement durable des ressources de l'Alberta. Les poissons ont été pêchés par le Ministère à l'aide de filets maillants de différentes mailles, la longueur à la fourche (± 1 mm) et le poids total (± 1 g) ont été mesurés sur place, le

sexe et le stade de maturité des poissons ont été évalués, et les structures de détermination de l'âge ont été retirées des espèces prédatrices aux fins d'analyse par le personnel du Ministère. Les sections de queue (entre la dernière côte et l'extrémité du pédoncule caudal) ont ensuite été retirées, déposées sur de la glace sèche et transportées à Fort McMurray, où elles ont été entreposées dans un surgélateur. Le poids humide des échantillons de tissu a été consigné en vue de calculer la concentration de mercure total et les échantillons ont été expédiés à Flett Research (à Winnipeg, au Manitoba) aux fins d'analyse du mercure. En 2010, les tissus d'un sous-échantillon de poissons (grand corégone, doré jaune et grand brochet) capturés dans trois lacs de la région de l'arrière-pays de Richardson, au nord de Fort McMurray – Brutus, Net et Keith – dans le cadre du programme *Fall Walleye Index Netting* du ministère du Développement durable des ressources de l'Alberta ont été analysés. Les espèces cibles, le nombre d'échantillons et les catégories de tailles étaient semblables à ceux de l'étude précédente (2009), tout comme les méthodes utilisées sur le terrain et en laboratoire (programme RAMP, 2011).

Les concentrations de mercure mesurées dans les grands brochets et la plupart des dorés jaunes pêchés dans le lac Brutus en 2010 dépassaient les recommandations de Santé Canada pour les pêcheurs de subsistance et ces concentrations dépassaient les recommandations pour les consommateurs dans deux dorés jaunes. Les concentrations de mercure dans le grand corégone étaient inférieures aux concentrations recommandées pour la consommation de Santé Canada. Les concentrations de mercure dans les grands corégones et les grands brochets pêchés dans le lac Keith étaient inférieures à toutes les recommandations pour la consommation de Santé Canada. Les concentrations de mercure dans tous les dorés jaunes et tous les grands brochets, sauf un, pêchés dans le lac Net en 2010 dépassaient les recommandations pour les pêcheurs de subsistance de Santé Canada. Les concentrations de mercure étaient inférieures aux recommandations pour la consommation de Santé Canada dans tous les grands corégones pêchés sauf deux. Dans l'ensemble, les concentrations de mercure dans les poissons échantillonnes dans le lac Net étaient plus élevées dans le grand brochet et le doré jaune que dans les poissons d'autres lacs de la région (programme RAMP, 2011).

Le lac Claire faisait partie du programme régional des lacs en 2003. Des spécimens de grand corégone, de doré jaune et de grand brochet ont été pêchés dans le lac Claire à l'aide de filets maillants par un membre de la collectivité de Fort Chipewyan, en décembre 2002. Des échantillons de tissus individuels ou composites ont été prélevés aux fins d'analyse du mercure. Les niveaux de mercure étaient plus élevés dans le tissu musculaire du grand brochet et plus faibles dans le doré jaune et le grand corégone, mais les échantillons étaient trop petits pour effectuer une analyse statistique (programme RAMP, 2004).

A1.6.5 : Examen des études historiques sur les poissons dans le cadre du programme RAMP

Un examen des données existantes sur les affluents de la rivière Athabasca dans la région des sables bitumineux a été réalisé dans le cadre du programme RAMP en 2004 dans le but de : créer une base de données contenant des données sur les pêches tirées d'anciens rapports sur les pêches; dresser des cartes de la répartition des espèces de poissons pour les bassins versants des affluents; synthétiser les données existantes et donner un aperçu des communautés de poissons et de l'habitat du poisson dans bassins versants des affluents; fournir des données aux fins de comparaison aux données de surveillance du programme RAMP en vue d'une analyse des tendances; cerner les lacunes dans les connaissances et proposer des recommandations de travaux futurs pour améliorer le programme RAMP (Golder, 2004). On a examiné les études indépendantes, les études d'impact environnemental, les rapports de consultants, et les documents gouvernementaux et non gouvernementaux, ainsi que ceux préparés pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta (AOERP) et l'Étude sur les bassins des rivières du Nord (EBRN). Pour les grands bassins versants avec suffisamment de données actuelles, le résumé du programme RAMP a été divisé en cours d'eau qui comprennent le bassin versant. Une base de données Microsoft Access a été

conçue pour permettre de stocker, trier et chercher des données historiques; elle est composée de champs pour l'emplacement géographique du cours d'eau, la qualité de l'eau, la description de l'habitat, l'utilisation de l'habitat, la communauté de poissons et la structure de la population (Golder, 2004). Cet examen réalisé dans le cadre du programme RAMP constitue une autre ressource précieuse pour les scientifiques des poissons à la recherche d'information dans le domaine des sables bitumineux.

A1.6.6 : Qualité de l'eau, conditions climatiques et hydrologie dans le cadre du programme RAMP

Le programme RAMP gère un vaste réseau de sites de surveillance de la qualité de l'eau, effectue des mesures du débit aux stations hydrométriques saisonnières de la Division des relevés hydrologiques du Canada pendant l'hiver et exploite certaines de ses propres stations hydrométriques (et, dans certains cas, prend des mesures aux stations hors service de la Division des relevés hydrologiques du Canada). Le programme RAMP dispose également de stations climatiques et effectue des mesures de l'enneigement (programme RAMP, 2011). Depuis juillet 2011, le réseau de stations hydrométriques, climatiques et de surveillance de la qualité de l'eau du programme RAMP ne s'étend pas dans le delta. Ces composantes du programme ne sont donc pas visées par la phase 2 de l'élargissement de l'étendue géographique. Le programme RAMP (2011) a signalé un site de surveillance de la qualité de l'eau (ATR-OF) à Old Fort, mais il s'agit en fait du site AB07DD0010 du Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières du ministère de l'Environnement de l'Alberta (voir la figure 3). Dans le passé, un certain échantillonnage a été effectué dans la région du delta dans le cadre du programme RAMP, comme suit :

- ATR-ER en amont de la rivière Embarras (échantillons composites de plusieurs chenaux). Échantillons prélevés en 2000 et 2001 en tant qu'indicateurs de la qualité de l'eau en aval. Station éliminée en raison de sa proximité à la station AB07DD0010 (ATR-OF). Échantillons prélevés en 1999 (hiver), 2000, 2001 et 2004;
- EMR-1 rivière Embarras (échantillons ponctuels à mi-chemin dans le chenal). Échantillons prélevés une fois en 2003 pour évaluer les différences de qualité de l'eau entre la rivière Embarras et la rivière Athabasca. Station échantillonnée en 2003;
- ARD-1 chenal Big Point (échantillons composites de plusieurs chenaux). Échantillonnage irrégulier vu que des données sur la qualité de l'eau sont recueillies tous les mois par le ministère de l'Environnement de l'Alberta à la station ATR-OF à proximité. Échantillons prélevés en 1999 (été), 2000, 2001, 2003 et 2004.

Toutes les stations ont été échantillonnées à l'automne, sauf en 1999 dans les cas indiqués (Programme RAMP, 2009; site Web du programme RAMP). Les paramètres de qualité de l'eau échantillonnés pour le programme RAMP sont énumérés à l'Annexe 1.

A2: PRINCIPALES RECHERCHES ET ÉTUDES CIBLÉES

Ce qui suit est un résumé des principales recherches et études ciblées récentes. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive de l'ensemble des principaux ouvrages, mais plutôt d'un sommaire des travaux les plus importants relatifs à l'eau dans la zone d'intérêt pour la phase 2 de l'élargissement de l'étendue géographique dans le cours inférieur de la rivière de la Paix, le delta des rivières de la Paix et Athabasca, la rivière des Esclaves et le delta de la rivière des Esclaves.

Le document intitulé *Synthesis of Ecological Information Related to the Peace-Athabasca Delta* (Köster *et al.*, 2010) est un important document qui a récemment été préparé dans le cadre du Programme de surveillance écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca (voir la section D2 ci-dessous). Il résume les données écologiques sur le delta des rivières de la Paix et Athabasca obtenues grâce aux programmes de surveillance et de recherche passés et présents,

évalue la situation et les tendances des principales composantes environnementales, et formule des recommandations en ce qui concerne les activités de surveillance futures dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca. Des données terrestres, sur l'atmosphère et sur la faune ainsi que des données liées à l'eau sont incluses (Köster *et al.*, 2010).

Andrishak et Hicks (2011) ont utilisé un modèle hydraulique détaillé et unidimensionnel du réseau du delta de la rivière Athabasca (partie sud du delta des rivières de la Paix et Athabasca) pour montrer comment les conditions variables de l'écoulement et de la couverture de glace ont pu avoir une incidence sur l'écoulement de l'eau dans les principaux chenaux qui se déversent dans le lac Athabasca et le reste du delta. D'après les mesures prises à la confluence des principaux chenaux, les valeurs obtenues avec le modèle de réseau de chenaux étaient de plus ou moins 3 % des valeurs réelles mesurées. Aux trois principaux endroits où le débit se divise, des mesures de simulation du débit à différents débits, du niveau d'eau du lac Athabasca et de l'épaisseur de la glace ont été prises pour modéliser leurs répercussions sur la proportion du débit de chaque chenal. La géométrie physique et l'emplacement de chaque endroit dans le delta où le débit se divise étaient uniques dans ce modèle. Des simulations pour la période historique s'échelonnant de 1960 à 2007 ont révélé que la demande en eau dans la rivière Athabasca, en amont du delta des rivières de la Paix et Athabasca pouvait avoir des répercussions sur la disponibilité de l'habitat du poisson pendant l'hiver (Andrishak et Hicks, 2011).

Donald et Sardella (2010) ont étudié les concentrations de métaux traces dans les ovaires et le tissu musculaire de laquaiches aux yeux d'or gravides. La laquaiche aux yeux d'or a une croissance annuelle lente et une longue durée de vie (longévité maximale de 30 ans). Ils ont avancé l'hypothèse suivante : les concentrations de métaux dans les tissus de poissons adultes dont le cycle vital présente de telles caractéristiques seraient stables et les niveaux d'éléments essentiels seraient plus élevés que les niveaux d'éléments potentiellement toxiques. La concentration de la plupart des métaux dans le tissu musculaire des femelles laquaiches aux yeux d'or adultes était semblable peu importe l'âge, ce qui donne à penser que l'absorption et l'élimination de la plupart des métaux étaient semblables, sauf pour le mercure. Les concentrations totales de mercure dans le tissu musculaire des poissons adultes ont augmenté tout au long de la vie de ces poissons. Les concentrations de mercure dans les ovaires ne représentaient que 7 % des concentrations mesurées dans le tissu musculaire. Les concentrations d'aluminium, de baryum, de lanthane, de vanadium et de manganèse étaient significativement plus élevées dans le tissu musculaire des jeunes et dans les ovaires que dans le tissu musculaire des adultes. Les concentrations de 13 métaux étaient plus élevées dans les ovaires que dans le tissu musculaire, celles de 7 métaux étaient semblables dans les ovaires et dans le tissu musculaire, et celles de 4 métaux avaient diminué. Les concentrations d'argent étaient plus de 50 fois plus élevées dans les ovaires. Ces résultats laissent supposer que les faibles concentrations de certains métaux dans le tissu musculaire des femelles laquaiches aux yeux d'or adultes, contrairement aux concentrations dans les jeunes femelles et les ovaires, peuvent être maintenues en partie en raison du transfert des métaux aux œufs lors du frai (Donald et Sardella, 2010). Les paramètres échantillonnes sont énumérés à l'Annexe 1.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont considérés comme une préoccupation environnementale dans la région des sables bitumineux exploitables (de surface). Les données environnementales recueillies dans le cadre du programme RAMP et par des organismes gouvernementaux ont été analysées par Timoney et Lee (2011) pour déterminer si la concentration de HAP dans les sédiments du delta de la rivière Athabasca variait au fil du temps. Ils ont constaté que les concentrations totales de HAP dans les sédiments du delta de la rivière Athabasca avaient augmenté de 1999 à 2009. La production annuelle de bitume et le volume de sable exploité, l'ampleur des perturbations du paysage et les émissions particulières ont été mis en corrélation avec les concentrations de HAP dans les sédiments, ainsi qu'avec le carbone organique total dans les sédiments et le débit de la rivière Clearwater, un affluent principal de la rivière Athabasca. Parmi quatre affluents de la rivière Athabasca, une corrélation importante entre le débit et la concentration de HAP dans les sédiments à l'embouchure de la rivière a pu être établie seulement avec la rivière Clearwater (Timoney et Lee, 2011).

Les deux études de Kelly et de ses collaborateurs (2009 et 2010) sur les composés aromatiques polycycliques et treize métaux ont révélé que l'exploitation des sables bitumineux présentait une voie de contamination sous-estimée par le passé. La charge de polluants dans les accumulations de neige provenant de particules en suspension dans l'air était une source importante de composés aromatiques polycycliques et de métaux. Les usines de valorisation du bitume et les exploitations locales des sables bitumineux sont considérées comme des sources clés d'émissions atmosphériques. Au cours des deux dernières années, l'exploitation des sables bitumineux dans la rivière Athabasca et ses affluents a été liée à des concentrations élevées de composés aromatiques polycycliques dissous. Les métaux (sauf le sélénium) mesurés dans les accumulations de neige étaient en concentrations plus élevées à proximité des exploitations de sables bitumineux qu'à des sites plus éloignés. Les concentrations de métaux et de composés aromatiques polycycliques dans les bassins versants des affluents avaient tendance à être plus élevées à proximité des zones perturbées. Aux sites en aval du site d'exploitation et dans le delta de la rivière Athabasca, les concentrations de onze métaux étaient plus élevées qu'en amont du site d'exploitation (Kelly et al., 2009; idem, 2010). Les paramètres échantillonnés dans le cadre de ces deux études sont énumérés à l'Annexe 1.

Sokal et ses collaborateurs (2010) ont suivi de près la composition chimique de l'eau, la biomasse des macrophytes et les communautés de diatomées planctoniques de six lacs du delta de la rivière des Esclaves de façon saisonnière, sur une période de trois ans (de 2003 à 2005). Les résultats ont révélé que les crues de la rivière étaient le principal processus hydrologique qui contrôlait les conditions physiques et chimiques, les communautés de diatomées planctoniques et la biomasse des macrophytes dans les lacs du delta de la rivière des Esclaves. En l'absence de crues de rivières, les concentrations d'éléments nutritifs des lacs étaient relativement élevées et les concentrations de la plupart des ions étaient plutôt faibles, mais lorsque ces lacs étaient inondés, les concentrations d'éléments nutritifs diminuaient et celles des ions augmentaient. Les conditions physiques et chimiques des lacs fréquemment inondés et des lacs qui n'étaient pas inondés étaient relativement stables d'une année à l'autre, tandis que ces conditions fluctuaient grandement dans les lacs inondés de façon irrégulière, selon que le lac avait été inondé ou non. Les crues réduisent également la transparence de l'eau, ce qui réduit la biomasse des macrophytes. La biomasse des macrophytes des lacs qui n'étaient pas inondés était plus élevée et leur eau était claire (Sokal et al., 2010). Les paramètres de qualité de l'eau échantillonnés dans le cadre de cette étude sont énumérés à l'Annexe 1.

A3 : ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

A3.1 : Suivi des effets sur l'environnement

Le suivi des effets sur l'environnement est un outil scientifique spécialement conçu pour les règlements de la *Loi sur les pêches*, qui permet de déterminer si des effets se produisent dans le milieu récepteur (zone d'exposition) des installations réglementées. Le suivi des effets sur l'environnement permet de déceler et de mesurer les changements dans les écosystèmes aquatiques (milieux récepteurs) possiblement touchés par l'activité humaine (p. ex. les rejets d'effluents). Le suivi des effets sur l'environnement est un système itératif de phases de surveillance et d'interprétation qui peuvent aider à évaluer l'efficacité des mesures de gestion de l'environnement. Bien que le suivi des effets sur l'environnement soit présentement utilisé dans un contexte réglementaire au Canada, les concepts et les approches sont applicables à d'autres types d'évaluation environnementale (de nature réglementaire et non réglementaire). Le suivi des effets sur l'environnement peut être utilisé comme un outil d'évaluation qui permet de déterminer si les activités humaines contribuent au maintien de la santé de l'écosystème. Il s'agit d'une exigence pour les usines de papier et les mines réglementées en vertu du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* et du *Règlement sur les effluents des mines de métaux*, qui sont tous les deux applicables au titre de la *Loi sur les pêches* (Lowell et al., 2005).

Voici le lien pour le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* :
<http://lois-laws.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-92-269/index.html>.

Et voici le lien pour le *Règlement sur les effluents des mines de métaux* :
<http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2002-222/index.html>

Le suivi des effets sur l'environnement est un outil scientifique de mesure du rendement qui permet d'évaluer la pertinence de ces règlements en matière de protection du poisson, de l'habitat du poisson et de l'utilisation des ressources halieutiques. Les industries de pâtes et papiers et de mines de métaux doivent satisfaire aux exigences réglementaires, ce qui signifie qu'elles doivent mener :

- des études de la qualité de l'eau;
- des études de caractérisation des effluents;
- des essais de toxicité sublétale;
- des études de biosurveillance dans le milieu récepteur.

Ces études de biosurveillance et analyses chimiques/toxicologiques sont menées par les industries réglementées afin d'évaluer et d'étudier les effets causés par les rejets d'effluents (site Web du suivi des effets sur l'environnement).

Il est nécessaire de proposer une définition pour le terme « effet » afin de créer des niveaux pour le Programme d'études de suivi des effets sur l'environnement. Les effets sur les poissons, les tissus de poissons et la communauté d'invertébrés benthiques sont définis dans le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* et le *Règlement sur les effluents des mines de métaux*. Essentiellement, un effet est une différence statistiquement significative entre les poissons ou les indicateurs de la communauté d'invertébrés benthiques dans une zone d'exposition et ceux dans une zone de référence (ou le long d'un gradient d'exposition aux effluents), ou un dépassement des recommandations pour les tissus de poissons de Santé Canada chez les poissons exposés à l'effluent (site Web du suivi des effets sur l'environnement).

Quatre usines de pâtes et papiers réalisent des études de suivi des effets sur l'environnement dans le tronçon principal de la rivière Athabasca, une autre usine mène une étude dans la Petite rivière des Esclaves (bassin versant de la rivière Athabasca), une dans la rivière de la Paix et une dans la rivière Wapiti (donc sept usines au total en Alberta) [Paula Siwik, Environnement Canada, coordonnatrice des études de suivi des effets sur l'environnement, comm. pers.].

En Colombie-Britannique, la mine de cuivre et d'or Kemess South mène une étude de suivi des effets sur l'environnement dans les cours d'eau de premier ordre (petits cours d'eau) du bassin de la rivière de la Paix, près du cours supérieur de la rivière Findlay, qui se jette dans le réservoir Williston à son extrémité nord. Les sites de l'étude de suivi des effets sur l'environnement pour l'usine de pâtes et papiers Mackenzie se trouvent dans le réservoir Williston. Il existe également une usine de pâtes et papiers à Taylor, qui rejette ses eaux usées dans la rivière de la Paix, directement au sud de Fort St. John (Mike Hagen, Environnement Canada, coordonnateur des études de suivi des effets sur l'environnement, comm. pers.).

La figure 11 montre les installations visées par les exigences des études de suivi des effets sur l'environnement aux termes du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* et du *Règlement sur les effluents des mines de métaux* dans les réseaux hydrographiques des rivières de la Paix et Athabasca. Les paramètres mesurés sont indiqués à l'Annexe 1. Bien que ces activités aient tendance à se dérouler très en amont de la zone géographique élargie, les données sur les poissons, les invertébrés benthiques et la qualité de l'eau recueillies par les usines de pâtes et papiers en vertu des exigences relatives aux études de suivi des effets sur l'environnement du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* pourraient être utilisées comme données de référence géographiques ou temporelles, aux fins de comparaisons avec les données de surveillance recueillies dans le cadre du programme de surveillance des sables bitumineux. Ce concept était également proposé dans Lott et Jones (2010). Les concepts

et les méthodes adoptés lors d'études de suivi des effets sur l'environnement sont également pertinents pour la conception et l'application d'un grand nombre de programmes de surveillance.

A3.2 : Water Act (loi sur l'eau) et Environmental Protection and Enhancement Act (loi sur la protection et la mise en valeur de l'environnement) de l'Alberta

L'objectif d'une approbation en vertu de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* est d'appuyer et de promouvoir la protection, la mise en valeur et l'utilisation rationnelle de l'environnement. L'annexe 1 de l'*Activities Designation Regulation* précise les activités nécessitant des approbations en vertu de l'*Environmental Protection and Enhancement Act*. Voici certains exemples d'activités désignées, en vertu de ce règlement, comme nécessitant une approbation : les usines de gaz sulfureux, les réseaux de gestion des eaux usées et de l'eau potable, les bassins de conservation en saumure, les rejets d'eau d'essai hydraulique, les installations d'entreposage du soufre, les usines de fabrication ou de traitement du soufre, les usines de gaz de synthèse, les centrales électriques, les pipelines d'acheminement et les usines de traitement des sables bitumineux. Les dispositions générales de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* s'appliquent également (site Web de l'Alberta Energy Resources Conservation Board).

Les principaux facteurs de stress pour les bassins des rivières Athabasca et de la Paix sont résumés dans le onzième rapport de synthèse de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord relatif aux effets cumulatifs (Wrona *et al.*, 1996). Les principales sources ponctuelles de rejets d'effluents sont indiquées dans le troisième rapport de synthèse de l'Étude relatif à la distribution des contaminants dans les bassins des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves (Carey *et al.*, 1997). L'emplacement, les technologies de traitement et les méthodes d'élimination des déchets de toutes les installations de rejets d'effluents municipaux et autres (à l'exclusion des usines de pâtes et papiers) disposant d'un permis dans les bassins des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves sont résumés par SENTAR Consultants Ltd. (1996) pour le programme de l'Étude. Comme certains de ces renseignements peuvent s'avérer désuets, il pourrait être nécessaire de faire un résumé à jour des renseignements sur les permis délivrés en vertu de l'*Environmental Protection and Enhancement Act*. Une mise à jour complète de la base de données des permis des installations de rejets d'effluents créée par SENTAR dans le cadre de l'Étude dépasse la portée du présent document. Il est toutefois important de noter que les dispositions de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* présentent un intérêt pour l'examen des répercussions et des facteurs de stress dans l'étendue géographique élargie.

Les documents d'approbation peuvent être consultés sur la page Web Authorization Viewer du ministère de l'Environnement de l'Alberta : <http://environment.alberta.ca/01519.html>.

Vous trouverez ci-dessous une liste des autorisations municipales prévues par l'*Environmental Protection and Enhancement Act* pour les prises d'eau et les émissaires d'évacuation dans les rivières Athabasca et de la Paix (au moment de la rédaction du présent document). Les dispositions de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* ne prévoient aucune prise d'eau ni aucun émissaire d'évacuation dans la partie albertaine de la rivière des Esclaves (Stephen Yeung, ministère de l'Environnement de l'Alberta, comm. pers.). Il est possible d'effectuer une recherche pour trouver et télécharger les autorisations prévues par la Loi en se servant du numéro d'autorisation fourni dans la liste.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Tableau 1 : Autorisations municipales en vertu de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* pour les prises d'eau et les émissaires d'évacuation dans les rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves

Nom de l'installation	Type d'installation	N° d'autorisation de l' <i>Environmental Protection and Enhancement Act</i>	Date d'expiration de l' <i>Environmental Protection and Enhancement Act</i> (mm/jj/aaaa)
RIVIÈRE DE LA PAIX – SHAFESBURY	Installation de traitement de l'eau	16517-01-00	31/03/2019
RIVIÈRE DE LA PAIX – 103RD STREET	Installation de traitement de l'eau	16517-01-00	31/03/2019
PEACE RIVER CORRECTIONAL CENTRE	Installation de traitement de l'eau	17584-01-00	01/08/2018
FORT CHIPEWYAN	Installation de traitement de l'eau	680-01-00	31/03/2020
SMITH	Installation de traitement de l'eau	1166-02-00	01/05/2011
ATHABASCA	Installation de traitement de l'eau	377-02-00	28/02/2017
FORT MCKAY	Installation de traitement de l'eau	685-02-00	01/07/2015
FAIRVIEW	Installation de traitement de l'eau	659-01-00	01/01/2016
FORT VERMILLION (en vertu de l'autorisation de la région du Mackenzie)	Installation de traitement de l'eau	9764-02-00	01/06/2016
FORT MCMURRAY	Installation de traitement de l'eau	690-02-00	01/12/2018
FAIRVIEW RURAL WATER CO-OP	Installation de traitement de l'eau	232862-00-00	Enregistrement
NORTHERN SUNRISE COUNTY	Installation de traitement de l'eau	236138	

Les autorisations industrielles de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* pour les usines de traitement de l'eau et les émissaires d'évacuation dans les rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves sont énumérées ci-dessous.

Tableau 2 : Autorisations industrielles en vertu de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* dans les bassins versants des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves

Nom de l'installation	Type d'installation	N° d'autorisation de l' <i>Environmental Protection and Enhancement Act</i>	Bassin versant
Daishowa Marubeni International	Usine de pâtes et papiers	115	Rivière de la Paix
Peace River Silica Sand	Carrière	70667	Rivière de la Paix

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Nom de l'installation	Type d'installation	N° d'autorisation de l'Environmental Protection and Enhancement Act	Bassin versant
Milner Power	Centrale électrique	9814	Rivière Smoky (affluent de la rivière de la Paix)
Grande Cache Coal	Mine de charbon	155804	Rivière Smoky (affluent de la rivière de la Paix)
Weyerhaeuser	Usine de pâtes et papiers	113	Rivière Wapiti (se déverse dans la rivière Smokey et dans la rivière de la Paix)
Slave Lake Pulp	Usine de pâte	108	Petite rivière des Esclaves (affluent de la rivière Athabasca)
Alberta Pacific	Usine de pâte	111-02	Rivière Athabasca
Shell Muskeg River Mine	Mine de sables bitumineux	20809-01-00	Rivière Athabasca
Shell Jackpine Mine	Mine de sables bitumineux	153125-00-00	Rivière Athabasca
Suncor Energy	Usine de traitement des sables bitumineux et mine	94-02-00	Rivière Athabasca
Syncrude Mildred Lake, Aurora North, Aurora South	Usines de traitement des sables bitumineux et mines	26-02-00	Rivière Athabasca

De plus amples renseignements sur les autorisations accordées en vertu de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* aux exploitations de sables bitumineux dans la région des sables bitumineux exploitables (de surface), près de Fort McMurray, y compris les paramètres échantillonnés (au moment de rédiger le présent document), sont fournis dans le document du deuxième volet de la phase 1 (Lindeman et al., 2011). Les autorisations accordées en vertu de l'*Environmental Protection and Enhancement Act* sont régulièrement mises à jour et peuvent être modifiées au fil du temps.

B : PRINCIPALES RECHERCHES ET ÉTUDES CIBLÉES HISTORIQUES

B1 : PROJET DE RECHERCHE ENVIRONNEMENTALE SUR LES SABLES BITUMINEUX DE L'ALBERTA (AOSERP)

Le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta (AOSERP) est un programme qui a été mis sur pied dans le cadre d'un accord entre les gouvernements de l'Alberta et du Canada en février 1975 (modifié en septembre 1977). Ce programme a été réalisé de 1975 à 1980 et a permis d'amasser une grande quantité de renseignements de base. Le projet de recherche avait pour objectifs généraux de définir les conditions de base et de déceler tout changement pouvant être causé par l'exploitation des sables bitumineux de l'Athabasca (Smith, 1981). Dans le cadre du programme régional de surveillance de la qualité des eaux de surface, la normalisation des sites d'échantillonnage, des procédures et des analyses a fait l'objet

d'une attention particulière. Akena (1980) propose des documents sur l'emplacement des sites d'échantillonnage de la qualité de l'eau, les méthodes d'échantillonnage, d'analyse et de contrôle de la qualité utilisées, le volume et la disponibilité des données recueillies, ainsi qu'un examen complet de la qualité de la base de données.

Le projet de recherche AOSERP englobait un certain nombre de zones d'étude. Les recherches atmosphériques ont mené à la création d'un modèle de la qualité de l'air pour la région. Le travail réalisé sur le système terrestre a permis d'établir une base de données pour la géologie des sols et de la surface ainsi que pour la végétation et la faune. Les projets liés au système aquatique ont permis d'obtenir des données de référence sur l'hydrologie, l'hydrogéologie, la qualité de l'eau et le biote aquatique. Les études sur la composition chimique de l'eau et le biote aquatique menées dans la rivière Athabasca n'ont révélé, à ce moment-là, aucun effet important en aval de Fort McMurray ou provenant des deux installations d'exploitation des sables bitumineux, qui aurait été lié aux exploitations industrielles ou au traitement des eaux d'égouts urbains ou des activités de drainage dans la ville. Les recherches sur le système humain ont permis de décrire les conditions dans la région des sables bitumineux de l'Athabasca en termes historiques et contemporains. Des recommandations ont été émises pour les recherches à venir. L'évaluation globale du programme concluait que les effets de l'exploitation des sables bitumineux avaient été évalués, mais pas de manière intégrée. Peu de liens interdisciplinaires étaient évidents, et cela a été jugé comme une importante lacune des résultats du projet de recherche AOSERP (Smith, 1981).

Bon nombre d'études du projet de recherche AOSERP ont été menées dans les dépôts exploitables, au nord de Fort McMurray. La zone d'étude du projet de recherche AOSERP était le bassin versant de la rivière Athabasca, juste en amont de ce qui est désormais le parc provincial Grand Rapids Wildland jusqu'au delta de la rivière Athabasca et son exutoire dans le lac Athabasca. La zone d'étude n'englobait pas les lacs Claire et Mamawi, ou d'autres parties du delta des rivières de la Paix et Athabasca, mais incluait Fort Chipewyan et une petite zone au nord. La zone d'étude du projet de recherche AOSERP s'arrêtait aux limites du parc national Wood Buffalo et n'incluait aucun terrain du parc. Un certain nombre d'études sur les poissons et les invertébrés dont les activités d'échantillonnage ne s'étendaient pas jusqu'au delta de la rivière Athabasca sont incluses ici en raison de leur importance historique.

B1.1 : Études hydrologiques menées dans le cadre du Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta (AOSERP)

Loeppky et Spitzer (1977) ont remarqué que les renseignements sur les ressources en eau pour la zone d'étude du projet de recherche AOSERP étaient très limités dans les années 1970. Avec le développement industriel des sables bitumineux de l'Athabasca, le nombre limité des jaugeages dans la région a graduellement été augmenté et est passé à 15 en 1975. Les données hydrométriques pour la zone d'étude du Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta (AOSERP) ont été compilées jusqu'en décembre 1976. Toutes les données sur les débits disponibles au moment de rédiger le présent document sont incluses. Des hydrographes annuels des données sur les débits sont également inclus, ainsi que des renseignements sur le niveau d'eau des lacs jaugés, des courbes de débit pour chaque station de jaugeage et, lorsque suffisamment de données sont disponibles, des graphiques sectoriels, des courbes débit-vitesse du courant et des courbes débit-zone. Quelques données sur la température de l'eau sont également incluses (Loeppky et Spitzer, 1977). Toutes ces données pourraient s'avérer utiles comme données hydrologiques de référence aux fins de comparaison avec les conditions actuelles.

Neill et Evans (1979) ont examiné le réseau de drainage de la zone d'étude du projet de recherche AOSERP, y compris la rivière Athabasca et ses affluents. Environ 60 % des eaux de ruissellement s'écoulant dans la zone d'étude chaque année se sont écoulées sur une période de 4 mois (de mois d'avril au mois de juillet). En moyenne, les eaux de ruissellement ne

représentaient qu'environ 20 % des précipitations tombées sur cette zone, le reste étant considéré comme retournant dans l'atmosphère par évaporation et par transpiration. Même si les chutes de neige ne représentaient qu'environ 30 % des précipitations, leur contribution proportionnelle aux eaux de ruissellement était généralement beaucoup plus importante. Sur les pentes est des collines Birch, les eaux de ruissellement liées aux chutes de pluie semblaient remarquablement faibles. Les variations d'année en année des eaux de ruissellement étaient assez élevées pour bon nombre d'affluents dans la zone d'étude. L'écart des variations annuelles dans la rivière Athabasca a presque doublé au cours de la période étudiée échelonnée sur 20 ans. Peu de données étaient disponibles (à ce moment-là) pour permettre l'analyse des interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Les données d'observation sur les puits donnaient à penser à une alimentation considérable en eaux souterraines après la fonte des neiges et les fortes pluies. Il a été recommandé que soient réalisées des analyses approfondies sur la très faible quantité d'eaux de ruissellement naturelles dans certaines régions, sur les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines ainsi que sur la relation entre les caractéristiques des eaux de ruissellement, la physiographie du bassin et la couverture végétale (Neill et Evans, 1979).

Les caractéristiques de mélange des eaux de la rivière Athabasca, en aval de Fort McMurray, en présence d'un couvert de glace ont été étudiées par Beltaos (1979). Deux essais par traceurs ont été menés en février 1978 pour fournir la documentation de terrain nécessaire. Les résultats de ces essais ont été analysés à l'aide de modèles théoriques présentés dans la littérature. Pour modéliser les résultats de l'essai de puits réalisé à moins de 20 km de l'injection, un algorithme numérique a été utilisé conjointement avec le coefficient de mélange, obtenu lors du premier essai et ayant donné des prévisions justes. Les effets des barres et des îles sur les applications de cet algorithme semblent être localisés. On a laissé entendre que de tels effets pourraient être ignorés, à moins que des données hydrométriques pertinentes et détaillées ne soient disponibles (Beltaos, 1979).

B1.2 : Études sur la qualité de l'eau et les sédiments dans le cadre du Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta (AOSERP)

Plusieurs études sur la qualité de l'eau visant la région des sables bitumineux exploitables ou le secteur en amont, dont les activités d'échantillonnage n'ont pas été menées plus en aval jusqu'au delta de la rivière Athabasca ou jusqu'au delta des rivières de la Paix et Athabasca, ne sont pas incluses ici, mais elles sont présentées dans Lindeman *et al.* (2011).

Akena et Christian (1981) ont fourni un assemblage de données sur la qualité de l'eau de surface qui n'ont pas été recueillies dans le cadre du projet de recherche AOSERP et qui remontent aux années 1950. La plupart des données ont été tirées de rapports de ministères du gouvernement fédéral et du gouvernement de l'Alberta, de l'Alberta Research Council, des universités, de l'industrie des sables bitumineux et de cabinets d'experts-conseils privés. Malheureusement, ces études utilisaient des procédures très diverses pour la collecte, le stockage et l'analyse des échantillons. Par ailleurs, dans un grand nombre de cas, les bases de données ne décrivaient pas clairement l'emplacement exact des sites d'échantillonnage, les sites et les paramètres surveillés sur une base régulière, la documentation des procédures d'échantillonnage, les produits de conservation des échantillons, les méthodes d'analyse et les limites de détection, et elles ne donnaient aucune précision ou indication quant à la quantité de données, et la qualité ou l'exactitude des données de la base de données. Malgré ces lacunes, la compilation des données sur la qualité des eaux de surface pourrait compléter la base de données sur la qualité des eaux de surface du projet de recherche AOSERP, surtout pour les secteurs ou les périodes qui n'ont pas fait l'objet d'une collecte de données dans le cadre du projet de recherche (Akena et Christian, 1981).

Allan et Jackson (1978) ont analysé les sédiments de dragage et les carottes de sédiments qu'ils ont recueillis le long du réseau de la rivière Athabasca, entre Fort McMurray et la confluence des

rivières Rochers et des Esclaves. Une série d'échantillons choisis représentant l'ensemble des unités de drainage et des variations de texture a été analysée au moyen de plusieurs techniques d'extraction totale ou partielle des éléments. Les résultats ont indiqué que les concentrations totales étaient faibles par rapport aux données sur les sédiments naturels et pollués provenant d'autres lieux (à cette époque). Les variations de concentration étaient fortement influencées par les paramètres sédimentologiques, notamment la texture des sédiments, les enrobages minéraux de fer et de manganèse ainsi que les teneurs en composés organiques et en carbonate. Une augmentation générale des concentrations de métaux lourds a été constatée à partir de la rivière Athabasca, jusqu'au delta de la rivière Athabasca et au lac Athabasca. Les concentrations de métaux lourds les plus élevées ont été mesurées dans les sédiments fins du lac Athabasca (Allan et Jackson, 1978).

Corkum (1985) a présenté dans un rapport sommaire les paramètres de routine, les éléments nutritifs et les métaux mesurés aux sites d'échantillonnage situés le long de la rivière Athabasca dans le but de déceler les changements saisonniers et longitudinaux de la qualité de l'eau et déterminer l'incidence des effluents de source ponctuelle sur la rivière. Les variations des concentrations ioniques dans l'eau de la rivière Athabasca ont été attribuées à des apports de la rivière Clearwater, plutôt qu'à des déversements industriels salins arrivant par le ruisseau Poplar. On a jugé que les effets en aval de l'usine de traitement des eaux usées de Fort McMurray étaient décelables seulement jusqu'à l'embouchure de la rivière Muskeg. Des concentrations élevées de nickel et de vanadium pouvaient être mesurées lors de périodes de forts débits, mais elles ont été interprétées comme étant attribuables à la météorisation du bitume naturel plutôt qu'aux effluents industriels. C'est l'analyse en composantes principales (ACP) qui a été utilisée pour analyser certains paramètres de la qualité de l'eau de la rivière Athabasca. Les sites présentant des caractéristiques de la qualité de l'eau similaires ont été indiqués par des dendrogrammes des résultats de l'analyse typologique et délimités sur des cartes schématiques de la rivière. Les données de référence et les relations entre les paramètres ont été présentées pour les eaux de drainage provenant de l'est, de l'ouest et du sud, et se jetant dans la rivière Athabasca entre Fort McMurray et l'aéroport d'Embarras, ainsi que pour le réseau de drainage du delta de la rivière Athabasca. Une analyse globale des quatre régions a été réalisée avec l'aide de Parcs Canada pour délimiter les sites présentant des caractéristiques relatives à la qualité de l'eau semblables, et il s'est avéré que ces groupements reflétaient souvent le type géologique de la région (Corkum, 1985). On trouvera une carte de ces sites à la figure 12.

Neill et ses collaborateurs (1981) ont examiné la circulation de l'eau et des sédiments dans le delta de la rivière Athabasca. L'objectif de l'étude était de décrire comment l'eau et les sédiments de la rivière Athabasca étaient distribués par le réseau du delta, et comment ils circulaient dans le lac Athabasca, se mélangeaient aux eaux du lac et s'écoulaient jusqu'à la rivière des Esclaves, et ce, en vue de comprendre les voies et la destination des contaminants qui pourraient atteindre la rivière Athabasca. L'étude comprenait également une revue de la littérature, des interprétations en matière de télédétection, des études sur le terrain et des analyses mathématiques.

L'hydrologie des principaux lacs et chenaux de la zone d'étude était résumée, essentiellement à l'aide de renseignements tirés d'études antérieures. Une série d'images satellites et de photos aériennes de haut niveau prises entre 1973 et 1978 ont été examinées pour y déceler des renseignements pertinents sur la circulation et le mélange des eaux. Une petite quantité de renseignements antérieurs sur la qualité de l'eau a été analysée pour compléter les renseignements de télédétection. Trois études sur le terrain ont été menées, soit en septembre 1979, mars 1980 et juin 1980. La profondeur de l'eau, la vitesse du courant, des paramètres liés à la qualité de l'eau et les concentrations de sédiments sont certaines des données qui ont été recueillies. Une étude spéciale sur le mélange dispersif a été menée au cours de l'étude de juin 1980. Les données de terrain recueillies ont été comparées aux données satellites obtenues à partir d'un passage supérieur environ neuf jours plus tard. L'étude comprenait également le calcul des caractéristiques de jet des débits entrants dans le delta, des estimations de la zone d'influence des points de déversement du lac et une réflexion sur la possibilité d'une modélisation mathématique et physique du système (Neill *et al.*, 1981).

Hesslein (1979) a procédé à l'échantillonnage de vingt lacs dans la zone d'étude du projet de recherche AO SERP en octobre 1976 afin de déterminer leur sensibilité aux variations de pH occasionnées par des apports acides dans l'atmosphère. La composition chimique des principaux éléments et les concentrations d'éléments nutritifs ont été mesurées dans l'eau et les particules en suspension. Les modèles utilisant les renseignements tirés de l'échantillonnage ont été présentés pour prévoir les variations du pH dans ces lacs avec diverses charges d'acide. La plupart des lacs de la région présentaient de fortes alcalinités et une résistance élevée aux variations du pH. Les seuls lacs considérés comme éventuellement sensibles à d'importantes variations du pH dans des conditions de charge acide élevée étaient ceux situés dans la zone des collines Birch. Le modèle simple à l'état stable laissait supposer que même les lacs disposant d'un tampon moins efficace échantillonés dans la région des collines Birch ne seraient gravement touchés que si le pH de la pluie était, en moyenne, inférieur à 4, ce qui a été jugé improbable (Hesslein, 1979).

B1.3 : Études sur les poissons dans le cadre du Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta (AO SERP)

Une étude a été entreprise par Lutz et Hendzel (1979) afin de déterminer les concentrations de fond des contaminants dans la faune aquatique, l'eau et les sédiments de la zone d'étude du projet de recherche AO SERP. On a émis l'hypothèse que la concentration des métaux et des substances organiques augmenterait probablement dans les zones touchées par l'exploitation des sables bitumineux, ce qui entraînerait une hausse de ces paramètres dans les tissus de poissons et d'invertébrés. Il était important d'établir les niveaux de contaminants dans ces tissus avant l'exploitation pour pouvoir définir les effets aquatiques de l'exploitation des sables bitumineux à l'avenir. Cinq cent soixante échantillons de poissons (de 8 espèces), 15 échantillons d'eau, 14 échantillons de sédiments et quelques échantillons de phytoplancton et d'invertébrés du milieu aquatique ont été analysés pour déceler la présence de 12 métaux et 4 pesticides renfermant des BPC à 15 sites d'études le long de la rivière Athabasca ou à proximité, de Fort McMurray vers le nord, jusqu'à la confluence des rivières de la Paix et des Esclaves. Quinze zones le long de la rivière Athabasca ont été choisies en tant que sites collecteurs. Elles ont été subdivisées en section nord, les stations 1 à 5, et en section sud, les stations 7 à 16 (il n'y avait pas de station 6) [voir la figure 13]. Des échantillons de poisson, d'eau et de sédiments ont été recueillis à chaque site, ainsi que des échantillons de plancton et de benthos. Les résultats des analyses ont été présentés pour chaque type d'échantillon, en fonction des limites de détection disponibles (à ce moment-là). Les concentrations de paramètres comme le mercure et le sélénium dans les tissus de poisson analysés n'ont pas été jugées élevées. On a remarqué dans les échantillons d'eau que les valeurs de certains métaux sous forme particulaire, par exemple le fer et le manganèse, étaient relativement élevées. Les sédiments aussi étaient riches en ces mêmes métaux (Lutz et Hendzel, 1976).

Bien qu'elle ne fasse pas partie de l'élargissement de l'étendue géographique, l'étude suivante est quand même examinée en raison de son importance historique. Tripp et Tsui (1980) ont présenté les résultats de travaux réalisés de mai à octobre 1978 dans des affluents du secteur sud de la zone d'étude du projet de recherche AO SERP (en amont des activités d'exploitation minière à ciel ouvert, mais possiblement touchés par les opérations minières *in situ*). La plupart des activités étaient concentrées dans les rivières Christina, Gregoire et Hangingstone. D'autres plans d'eau ont été échantillonés une seule fois à la fin de l'été. Chacun des cours d'eau a été décrit en fonction des catégories d'habitat et des paramètres physiques mesurés à chaque station. La composition, la répartition et l'abondance relative des espèces de poisson échantillonées dans la partie sud de la zone d'étude du projet de recherche AO SERP ont été décrites et comparées aux observations d'études réalisées précédemment dans cette zone d'étude. Le cycle vital de six grandes espèces (l'ombre arctique, la laquaiche aux yeux d'or, le grand brochet, le meunier rouge, le meunier noir et le doré jaune) a été décrit. En ce qui concerne les autres espèces de poisson capturées, la discussion était essentiellement restreinte

à leur répartition et à leur abondance relative. On a découvert que plusieurs petits cours d'eau étaient d'importantes frayères et aires de croissance pour l'ombre arctique, notamment la majeure partie du ruisseau Surmont, un affluent du lac Gregoire, et les moitiés inférieures des ruisseaux Saline et Saprae, qui sont des affluents des rivières Hangingstone et Clearwater (Tripp et Tsui, 1980). Les données brutes sur les poissons ont été présentées dans un deuxième volume de l'étude, qui n'avait pas encore été obtenu au moment de la rédaction du présent document. Ces données pourraient être utiles aux fins de comparaison avec les données de surveillance et de recherche actuelles.

Bond (1980) a échantillonné les populations de poissons de la rivière Athabasca, en aval de Fort McMurray, pendant la saison des eaux libres de 1976 et 1977. Des poissons ont ainsi été pêchés au moyen de filets maillants, de sennes et d'engins de pêche à la ligne dans le but d'identifier les espèces présentes, de consigner leur répartition et leur abondance relative, et d'obtenir des échantillons aux fins d'analyse du cycle vital. Par ailleurs, quelque 9 000 poissons parmi les espèces principales ont été marqués. Cet échantillonnage a permis d'identifier 27 espèces dans la rivière Athabasca, dont 11 espèces communes. La grande diversité des espèces observée à Fort McMurray (27 espèces) diminuait en aval avec seulement 18 espèces ayant été capturées dans la zone d'étude du delta. Les importantes migrations de frai du doré jaune, de la laquaiche aux yeux d'or, du meunier rouge et du meunier noir ont débuté dans la partie amont de la rivière Athabasca au début du printemps, sous la couverture de glace. La dispersion graduelle vers l'aval s'est effectuée après la montaison et s'est poursuivie tout au long de l'été. Le cours inférieur de la rivière Athabasca aurait servi d'aire d'alimentation pendant l'été pour les jeunes laquaiches aux yeux d'or qui avaient pénétré dans la zone d'étude avant la période de la débâcle et qui étaient reparties à la fin de l'automne. Une importante migration de frai de grands corégones a eu lieu au cours des mois de septembre et d'octobre. Certains individus sont retournés au lac Athabasca peu de temps après le frai, mais d'autres auraient passé l'hiver dans la rivière Athabasca. L'omisco, le méné à tête plate, le méné émeraude, le méné de lac et la queue à tache noire étaient les principaux poissons fourrages dans la zone d'étude. Les résultats des études de marquage semblent indiquer que les spécimens de doré jaune, de laquaiche aux yeux d'or, de grand corégone, de meunier rouge et de meunier noir observés dans le cours inférieur de la rivière Athabasca appartenaient à des populations ayant passé l'hiver dans le lac Athabasca et le delta des rivières de la Paix et Athabasca (Bond, 1980).

Kristensen et ses collaborateurs (1975) ont étudié le doré jaune dans le réseau des lacs Richardson et Athabasca, et la laquaiche aux yeux d'or dans le réseau des lacs Claire et Marnawi, et ils ont consigné des observations de terrain du déversoir de Little Rapids sur la rivière des Rochers. Les conditions de base du doré jaune et de la laquaiche aux yeux d'or présents dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca ont été consignées, notamment le succès du frai, les déplacements, la répartition, la structure par âge et plusieurs autres caractéristiques biologiques. L'étude a permis de fournir des données de référence sur les populations de dorés jaunes et de laquaiches aux yeux d'or ayant un rapport direct avec le niveau croissant des activités d'exploitation des sables bitumineux, mais également sur les conditions du milieu attribuables aux mesures correctives prises après l'étude des effets du barrage Bennett construit sur la rivière de la Paix en 1968, dans le cadre du projet du delta des rivières de la Paix et Athabasca. On a découvert que le lac Richardson était un important lieu de frai pour le doré jaune et on a jugé que le frai dans le lac Richardson contribuait à la majeure partie du recrutement annuel pour la population de dorés jaunes du lac Athabasca. En raison du bas niveau de l'eau vive sous la glace, on a pensé que le doré jaune ne pouvait se rendre au lac Richardson avant que les eaux de crue de la rivière Athabasca s'écoulent jusqu'au lac Richardson, par le ruisseau Jackfish, ce qui montre la vulnérabilité de cette montaison au niveau d'eau inhabituellement bas au printemps. Le grand nombre de laquaiches aux yeux d'or capturées dans des filets maillants à Little Rapids donnait à penser que la rivière des Rochers était une importante voie de migration pour entrer et sortir du delta. On pensait alors que la répartition des alevins de cette espèce pouvait être liée au type de végétation sur les rives (Kristensen *et al.*, 1975).

Sekerak et Walder (1980) ont étudié les caractéristiques physiques de 9 cours d'eau de 5 bassins versants (Firebag, Muskeg, Steepbank, MacKay et Ells) dans la zone d'étude du projet de recherche AOERP. Un lien a été établi entre la répartition et l'abondance relative des poissons dans chaque cours d'eau et bassin versant, et les caractéristiques physiques. Les résultats détaillés ont été présentés dans le volume II, qui a pris la forme d'un atlas (qui n'était pas disponible au moment de la rédaction du présent document). De 16 à 24 espèces de poissons ont été répertoriées dans chaque bassin versant. Les poissons fourrages (méné de lac, mullet perlé, naseux des rapides, perche-truite, épinoche à cinq épines et chabot visqueux), le meunier noir et le meunier rouge étaient les espèces les plus abondantes dans tous les cours d'eau étudiés. Les poissons de sport les plus abondants et les plus répandus observés (en ordre décroissant d'abondance) étaient l'ombre arctique, le grand brochet et le doré jaune. D'autres espèces de poissons de sport (lotte, grand corégone, ménomin de montagnes, perchaude, Dolly Varden et laquache aux yeux d'or) ont été observées en petits nombres et étaient presque toujours confinées aux cours inférieurs des rivières à proximité de la rivière Athabasca. Une étroite corrélation a été observée entre les caractéristiques physiques des cours d'eau, et la répartition et l'abondance des poissons (Sekerak et Walder, 1980).

B1.4 : Études sur les invertébrés dans le cadre du Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta (AOERP)

Un certain nombre d'études sur les invertébrés réalisées dans le cadre du projet de recherche AOERP ont été menées dans la région des sables bitumineux exploitables (de surface) et ne se sont pas étendues à la zone géographique élargie, qui est le point d'intérêt du présent rapport. Cela dit, les rapports sur les invertébrés relatifs au projet de recherche AOERP qui sont disponibles sont résumés ici en raison de leur importance historique. Les études du projet de recherche AOERP qui n'étaient pas disponibles au moment d'écrire le présent document peuvent contenir d'autres renseignements historiques utiles.

Barton et Wallace (1980) ont étudié les invertébrés et des films biologiques d'espèces sauvages de la rivière Athabasca et des affluents des rivières Muskeg et Steepbank. Ils ont pu distinguer des communautés fauniques distinctes sur les gravats de calcaire et le till, et dans certains tronçons de fondrière de mousse, des ruisseaux et les sables bitumineux. La variété et la densité des invertébrés sur les sables bitumineux étaient de beaucoup inférieures à celles observées sur les autres substrats de gravats. L'inondation des habitats troubles réduisait les stocks benthiques, qui se rétablissaient rapidement avec le retour d'un débit normal. Les communautés benthiques de la rivière Athabasca étaient fortement influencées par le substrat. Les changements de texture des sédiments, et le nombre et la variété des organismes semblaient être directement liés aux variations de la direction et de l'ampleur du débit de la rivière, selon les fluctuations du débit, ainsi qu'aux cycles vitaux des espèces d'invertébrés. Il a été possible d'obtenir des estimations quantitatives des populations de microbenthos présentes à l'automne sur le substrat rocheux ainsi que du macrobenthos présent sur toute la gamme des sédiments de la rivière Athabasca. Le sable instable qui recouvrait la majeure partie du lit du tronçon principal de la rivière était colonisé par de nombreux chironomidés spécialisés. Les réactions des communautés de bactéries, d'algues et de macro-invertébrés d'eau douce à la contamination des substrats par les hydrocarbures ont également été étudiées. La contamination par les hydrocarbures a entraîné des changements considérables sur le plan de la colonisation des surfaces de roche nues par les organismes aquatiques, mais aucun grand changement dans la structure de la communauté établie d'organismes épilithiques. Il s'est avéré que les communautés en suspension et les communautés épilithiques des rivières Muskeg et Steepbank biodégradaient la fraction saturée du pétrole synthétique à une température de 20 °C, et plus lentement à 4 °C. Plusieurs matériaux pouvant être utilisés pour la remise en état ou le détournement des cours d'eau, des résidus sableux aux gros galets, ont été comparés pour déterminer quelles communautés macro-benthiques les colonisaient. Le gravier calcaire, dans les rapides, et des roches de recouvrement, dans les tronçons où le débit était plus lent, semblaient

être propices à une productivité biologique quasi naturelle (Barton et Wallace, 1980). Ces données pourraient être utiles dans les prochaines études des répercussions de l'exploitation et des mesures d'atténuation.

Crowther et Lade (1980) ont évalué le niveau de production secondaire dans la rivière Muskeg. Une approche trophique plutôt que taxinomique a été adoptée pour la classification des invertébrés aquatiques et une version modifiée de la méthode Hynes a été utilisée pour calculer la production. On a constaté que la production secondaire dans la rivière Muskeg était plus importante en amont, et qu'elle était deux fois plus élevée à cet endroit qu'à un site au milieu de la rivière et quatre fois plus élevée qu'à un site en aval. Les données ont aussi montré que l'économie trophique des sections en amont de la rivière était basée sur les détritivores et les algivores, et que leur importance diminuait dans les sections plus en aval, tandis que l'importance des carnivores et des omnivores augmentait dans ces sections en aval. Ces résultats étaient basés sur la disponibilité des particules organiques grossières aux sites en amont, qui étaient dégradées en particules organiques fines et en particules organiques réfractaires, puis entraînées vers l'aval (Crowther et Lade, 1980).

Hartland-Rowe et ses collaborateurs (1979) ont constaté dans le cadre d'une étude que la faune benthique du ruisseau Hartley (maintenant communément appelé le ruisseau Jackpine) était constituée surtout de chironomidés sur le plan du nombre, mais que les trichoptères y étaient plus importants sur le plan de la biomasse. Les quatre types de substrats observés dans les mares étaient associés chacun à une communauté benthique distincte, et les communautés benthiques des rapides étaient différentes de celles des mares. La technique d'échantillonnage de la « roche unique » a révélé que la microrépartition des larves de trichoptères était influencée par la taille des roches et la présence ou l'absence d'un couvert de mousse. La plupart des insectes aquatiques étaient des espèces univoltines (ne produisant annuellement qu'une seule génération), qui émergeaient au printemps ou à l'été, mais certaines espèces (chironomidés et bætidés) étaient peut-être des espèces multivoltines. La dérive des invertébrés était caractérisée par un cycle diurne typique, avec des pics le matin et en soirée. Les bætidés et les chironomidés étaient les organismes benthiques prédominants, mais les cladocères et les copépodes étaient également abondants dans les mares et les courants de dérive. La température et le débit ont eu d'importantes répercussions sur la structure et la composition des communautés benthiques, mais aucun des facteurs chimiques mesurés n'a semblé avoir une influence importante (Hartland-Rowe *et al.*, 1979). Le ruisseau Hartley s'appelle maintenant communément le ruisseau Jackpine dans les études d'impact environnemental, les rapports du programme RAMP et les cartes de la région, mais L'Atlas du Canada le désigne encore sous le nom de ruisseau Hartley.

L'étude réalisée par Tripp et Tsui (1980) dans la partie sud de la zone d'étude du projet de recherche AOSERP visait principalement les poissons, mais comprenait également des travaux sur l'habitat et les invertébrés. Les variations saisonnières et longitudinales de la composition des espèces, de leur abondance, de leur répartition, de la structure de la communauté, de la population sur pied et de la dérive des invertébrés ont été abordées en détail pour les rivières Hangingstone et Christina. Des données similaires, mais pour la fin de l'été seulement, ont été présentées pour d'autres plans d'eau échantillonés durant l'étude. Quatre-vingts pour cent (80 %) des cours d'eau étaient surtout colonisés par des insectes aquatiques et seulement 20 % par des mollusques. Parmi les insectes aquatiques, les éphéméroptères, les diptères et les trichoptères étaient les 3 ordres les plus communs et les plus abondants. La diversité et la population sur pied de la communauté macrobenthique semblaient être à leur plus bas au cours du mois de juin. Il semble que c'est durant le mois d'août que la diversité des espèces était la plus grande, tandis que la population sur pied a atteint des sommets soit durant l'été (rivière Christina), soit durant l'automne (rivière Hangingstone). La diversité des espèces et le nombre moyen de taxons présents étaient généralement plus élevés sur les rochers, les moellons et les substrats de gravier, et plus faibles dans les zones de fondrière de mousse ou de substrats de sable. La densité moyenne des invertébrés benthiques semblait être davantage liée à des facteurs longitudinaux qu'aux caractéristiques du substrat de chaque catégorie d'habitat des cours d'eau (Tripp et Tsui, 1980). Les données brutes sur les invertébrés ont été consignées

dans un deuxième volume, qui n'avait pas été obtenu au moment de la rédaction du présent document.

B2 : SÉRIE D'ÉTUDES SUR LE DELTA DES RIVIÈRES DE LA PAIX ET ATHABASCA

Des inquiétudes concernant les changements hydrologiques potentiels dans les rivières de la Paix et Athabasca ainsi qu'en amont du delta des rivières de la Paix et Athabasca liés aux aménagements d'origine anthropique et aux changements climatiques ont donné lieu à un certain nombre d'initiatives auxquelles a participé Environnement Canada au cours des 40 dernières années : le Groupe d'étude du delta Paix-Athabasca (PAD-PG, 1973), le Comité d'aménagement du delta des rivières de la Paix et Athabasca (PAD-IC, 1987) et les études techniques du delta des rivières de la Paix et Athabasca (PAD-TS, 1996). L'Étude sur les bassins des rivières du Nord (voir la section B3 ci-dessous) a été menée simultanément avec les études techniques du delta des rivières de la Paix et Athabasca.

B2.1 : Groupe d'étude du delta Paix-Athabasca

En réponse à des préoccupations au sujet des bas niveaux d'eau du delta des rivières de la Paix et Athabasca, les gouvernements du Canada, de l'Alberta et de la Saskatchewan ont créé le Groupe d'étude du delta Paix-Athabasca afin de réaliser une étude détaillée sur le problème des bas niveaux d'eau du lac Athabasca, la cause de cette situation, et les effets sur le delta et la population locale. La priorité était d'abord de trouver une solution immédiate pour la restauration des niveaux d'eau, même temporaire, pour le printemps 1972, puis d'élaborer une solution à long terme. À l'automne 1971, un barrage en enrochement temporaire a été construit sur la rivière des Quatre Fourches, au camp Dog, en vue d'améliorer les niveaux d'eau dans une grande partie du delta. Un autre projet réalisé par le Groupe d'étude du delta Paix-Athabasca était le blocage d'un méandre sur la rivière Athabasca pour empêcher cette dernière de rejoindre la rivière Embarras. Tous les aspects de l'écosystème ont été étudiés dans le détail, y compris l'hydrologie, l'écologie et l'incidence des changements sur la population locale. Il a été conclu que l'exploitation du barrage Bennett avait des répercussions immédiates attribuables à la phase de remplissage du réservoir et que les répercussions continueraient d'avoir lieu sur la rivière de la Paix tant que le barrage serait en activité. Le Groupe d'étude du delta Paix-Athabasca a notamment recommandé dans le cadre de la gestion et de la surveillance continues du delta 1) la construction d'un barrage submergé à Little Rapids, sur la rivière des Rochers, afin de restaurer les niveaux du lac Athabasca et, par conséquent, du delta, et 2) l'enlèvement ultérieur du barrage en enrochement temporaire (Groupe d'étude du delta Paix-Athabasca, 1973).

B2.2 : Comité d'aménagement du delta des rivières de la Paix et Athabasca

Le Comité d'aménagement du delta des rivières de la Paix et Athabasca était un comité intergouvernemental représentant lui aussi les gouvernements du Canada, de l'Alberta et de la Saskatchewan, qui a été mis sur pied en 1974 pour coordonner les programmes liés à la restauration des bas niveaux d'eau observés dans le delta à la suite de la construction du barrage W.A.C. Bennett sur la rivière de la Paix et au problème de remplissage du réservoir Williston (1968-1971). Le Comité a supervisé la construction de deux barrages en enrochement sur les rivières des Rochers et Revillon Coupé dans le but de retarder le débit sortant et hausser les niveaux d'eau dans l'ensemble du delta. Le Comité a aussi étudié la déviation naturelle de l'eau dans le delta à partir de la rivière Athabasca jusqu'au ruisseau Mamawi, en passant par la brèche dans la rivière Embarras, et participé aux mesures correctives pour le site de la rivière des Rochers en modernisant le quai et en évaluant la nécessité d'une passe à poissons (Comité d'aménagement du delta des rivières de la Paix et Athabasca, 1987).

B2.3 : Études techniques du delta des rivières de la Paix et Athabasca

Les études techniques du delta des rivières de la Paix et Athabasca étaient un programme de recherche échelonné sur trois (1993-1996) destiné à être mis en œuvre conjointement avec l'Étude sur les bassins des rivières du Nord. L'objectif était de parvenir à mieux comprendre les effets de la régularisation du débit de la rivière de la Paix et de la variabilité du climat sur l'hydrologie du delta, et d'évaluer les mesures correctives possibles pour restaurer le rôle de l'eau. La portée des études était d'examiner et d'évaluer les renseignements existants, de combler les lacunes en matière de renseignements et de mettre à l'essai les mesures correctives. On s'attendait à pouvoir se baser sur les résultats pour élaborer un plan de gestion du delta des rivières de la Paix et Athabasca. Les partenaires étaient le Canada, l'Alberta, BC Hydro, la Première Nation crie Mikisew, la Première Nation des Chipewyans d'Athabasca et l'Association des Métis de Fort Chipewyan (Peace-Athabasca Delta Technical Studies, 1996).

Le programme comprenait un certain nombre d'études individuelles :

- « Understanding the Ecosystem » (comprendre l'écosystème) examinait l'hydrologie du delta et la façon dont celui-ci avait été touché par la régularisation du débit et la variabilité du climat. Il a été déterminé qu'il fallait étudier plus en profondeur le rôle historique et l'importance relative des embâcles printaniers par rapport au régime des crues du delta, les conditions nécessaires pour la formation d'embâcles, l'influence relative de la régularisation du débit et de la variabilité du climat, et la nature et le rôle de l'écoulement des eaux de crue dans le delta. D'autres études ont été menées en parallèle : étude de l'historique des débits, études des glaces, brèche de la rivière Embarras, base de données topographique, modèle hydrodynamique, modèle altimétrique numérique, modèle de l'équilibre hydrique d'un bassin perché et modèle de la végétation.
- « Water Management Options » (options de gestion de l'eau) examinait les différentes techniques de gestion de l'eau dans le delta. Les études des composantes comprenaient des stratégies de glace artificielle, des solutions de recharge sur le plan structurel et d'autres mesures correctives.
- « Monitoring the Ecosystem » (surveillance de l'écosystème) visait à mettre en place des programmes permettant de définir les conditions de base de l'écosystème afin de comparer les objectifs de gestion de l'écosystème. Les études des composantes comprenaient un programme de surveillance de la végétation et un volet télédétection (Peace-Athabasca Delta Technical Studies, 1996).

Voici les principaux résultats du programme :

- Les inondations printanières et estivales ont joué un rôle important dans l'écologie du delta. Les débâcles et les embâcles printaniers sur les rivières de la Paix et Athabasca étaient nécessaires pour produire des niveaux d'eau capables d'inonder les bassins perchés isolés. Les hauts niveaux d'eau durant l'été et les faibles débits durant l'hiver sur ces rivières ont entraîné des fluctuations du niveau de l'eau dans les grands lacs du delta et les voies interlacustres assurant la productivité des habitats à proximité des rives.
- La fréquence des grandes inondations du delta au printemps a diminué après la régularisation des eaux de la rivière de la Paix au moyen du barrage W.A.C. Bennett. La régularisation des eaux et la variabilité du climat ont influencé la fréquence des embâcles sur la rivière de la Paix.
- L'eau s'écoulant du barrage Bennett a fait en sorte d'élever le couvert de glace et d'accroître le débit de la rivière de la Paix tout au long de l'hiver, jusqu'à la période de débâcle. Il était nécessaire d'augmenter l'écoulement des affluents au printemps afin de provoquer des embâcles dynamiques et des inondations à proximité du delta (effet de régularisation). Cependant, depuis le milieu des années 1970, le déclin des niveaux d'enneigement dans le cours supérieur des affluents, en aval du barrage a réduit la quantité d'eaux de ruissellement disponible au printemps (effet du climat).

- Peu importe les variations futures du climat, on s'attendait à ce que les effets de la régularisation des eaux sur la formation d'embâcles persistent dans un contexte d'exploitation normale du barrage Bennett.
- Les effets de la régularisation des eaux pourraient être atténués en modifiant les opérations du barrage. Une réduction du débit pendant la période d'englacement pourrait abaisser le couvert de glace à proximité du delta. Il faudra s'assurer que la surface de la section mouillée sous la glace est suffisamment grande pour recevoir des écoulements plus importants au milieu de l'hiver sans pour autant provoquer des débâcles. Le fait de maintenir ou d'augmenter les écoulements pendant les périodes de débâcle accentuerait les effets des eaux de ruissellement des affluents. Le calendrier et l'ampleur des écoulements seraient limités par le risque d'inondation dans les collectivités en aval du barrage.
- Le barrage W.A.C. Bennett a permis de réduire les débits de pointe durant l'été sur la rivière de la Paix ainsi que l'amplitude des fluctuations annuelles du niveau d'eau dans les grands lacs et les voies interlacustres du delta. Les déversoirs construits sur les rivières des Rochers et Revillon Coupé ont presque restauré les niveaux d'eau de pointe durant l'été dans le delta, mais ils ont élevé les niveaux d'eau durant l'hiver et limité le rabattement saisonnier de la nappe. Le régime de niveau d'eau existant du lac Athabasca et des autres grands lacs a pu être relativement stabilisé par les effets de la régularisation des eaux comparativement à la situation naturelle. Les conséquences écologiques de la stabilisation des niveaux d'eau sur l'habitat près des rives n'ont pas été évaluées.
- On pourrait envisager d'exploiter des ouvrages de débit automatiques plutôt que les déversoirs existants pour restaurer la plage des niveaux d'eau du lac Athabasca ainsi que des autres grands lacs et de leurs voies interlacustres. Ces ouvrages seraient très dispendieux et nécessiteraient une gestion continue.
- Il a été jugé nécessaire que des recherches plus approfondies sur l'application des options de gestion de l'eau recommandées soient entreprises, particulièrement en ce qui a trait aux modèles hydrauliques et hydrologiques du bassin versant de la rivière de la Paix, et qu'un organisme succède à l'équipe des études techniques du delta des rivières de la Paix et Athabasca. On a jugé que tout organisme remplaçant devrait être constitué d'autorités préoccupées par le delta des rivières de la Paix et Athabasca, notamment Parcs Canada, Alberta Environmental Protection, la Première Nation crie Mikisew, la Première Nation des Chipewyans d'Athabasca et l'Association des Métis de Fort Chipewyan, et appuyé par BC Hydro et les organismes gouvernementaux appropriés (Peace-Athabasca Delta Technical Studies, 1996).

De nombreux rapports ont été déposés au fur et à mesure que les études progressaient. Les rapports faisant suite aux études techniques du delta des rivières de la Paix et Athabasca sont énumérés dans le rapport final (Peace-Athabasca Delta Technical Studies, 1996). Comme bon nombre, sinon la plupart, de ces études ont par la suite été insérées dans d'autres rapports et publications, on ne les a pas examinées en détail ici.

B3 : ÉTUDE SUR LES BASSINS DES RIVIÈRES DU NORD (EBRN)

À la fin des années 1980, les résidents du Nord sont devenus préoccupés par les effets des projets d'exploitation industrielle et d'exploitation des ressources dans les bassins des rivières de la Paix, des Esclaves et Athabasca, particulièrement les effets des nouvelles usines de pâte et des opérations forestières y associées (Gummer *et al.*, 2000). Les gouvernements du Canada, de l'Alberta et des Territoires du Nord-Ouest ont donc lancé l'Étude sur les bassins des rivières du Nord en 1991. L'objectif général de l'étude était d'évaluer les effets cumulatifs de toutes les formes de développement sur l'écosystème aquatique naturel. Les thèmes généraux des questions scientifiques concernaient la quantité d'eau et l'utilisation de l'eau, la qualité de l'eau, les pêches et la faune. La plupart des résidents du Nord voulaient savoir s'il était sécuritaire de

boire l'eau et de manger les poissons provenant des rivières du Nord. Par conséquent, une grande partie des fonds a été affectée à la qualité de l'eau et aux poissons [Initiative des écosystèmes des rivières du Nord (Canada), 2004].

Une des principales recommandations formulées par la Commission d'examen et d'évaluation en matière d'environnement à l'endroit de l'Alberta Pacific Pulp Mill en 1989 concernait l'importance des effets cumulatifs (Gummer *et al.*, 2000). L'Étude sur les bassins des rivières du Nord a été mise sur pied sous forme d'un programme quinquennal recevant des contributions financières des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux. Le programme, qui visait l'adoption d'une approche ayant fait ses preuves, comprenait 8 composantes scientifiques : l'hydrologie, les éléments nutritifs et l'oxygène dissous, l'eau potable, la chaîne alimentaire, les contaminants, la synthèse et la modélisation, les connaissances traditionnelles et les utilisations aquatiques (Gummer *et al.*, 2000). Plus de 165 études de terrain et de laboratoire jugées par les pairs ont été menées et 13 rapports de synthèse ont été produits dans le cadre du programme.

Une base de données (More *et al.*, 1996) a été constituée afin de pouvoir consigner l'information sur les échantillons environnementaux recueillis et analysés dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord. La base de données a contribué à l'atteinte de l'un des 3 objectifs précis de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord, soit fournir une base de renseignements rigoureusement scientifique pour la planification et la gestion de l'eau et du milieu aquatique de la zone d'étude de manière à assurer la protection à long terme de cette ressource ainsi que sa mise en valeur et son exploitation judicieuse. La base de données contenait des données sur 26 780 échantillons originaux recueillis dans différents milieux, par exemple des échantillons de liquide, de sédiments, de benthos, de poisson, de mammifère, d'oiseau et de végétation. La majorité de ces échantillons étaient des échantillons de poisson. Les poissons ayant été manipulés, puis relâchés (après avoir été marqués ou non) ont été supprimés de la base de données. La base de données était constituée de 2 ensembles principaux de fichiers d'Base IV (.DBF) ; un ensemble décrivant les échantillons et l'autre donnant une valeur aux paramètres mesurés (More *et al.*, 1996).

B3.1 : Hydrologie et modélisation dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord

Un exercice de modélisation entrepris par Aitken et Sapach (1994) visait à évaluer l'effet des déversoirs et du barrage Bennett sur les niveaux d'eau du delta des rivières de la Paix et Athabasca pendant la période de 1985 à 1990 à l'aide d'un modèle hydrodynamique unidimensionnel. Cet exercice avait été fait auparavant jusqu'en 1984. L'objectif était de prolonger l'analyse jusqu'en 1990. Des scénarios de débit ont été modélisés afin de simuler les conditions naturelles (sans barrage), l'effet d'un barrage, et l'effet d'un barrage et de déversoirs (rivières des Rochers et Revillon Coupé). Les résultats de la modélisation ont révélé que les niveaux d'eau moyens et maximums des lacs du delta diminuaient en raison du barrage, tandis que les niveaux d'eau minimums restaient relativement inchangés. L'exploitation du barrage a fait augmenter les niveaux d'eau mensuels moyens dans les lacs du delta et le long des chenaux des rivières durant l'hiver, et diminuer ces niveaux d'eau durant l'été. Il était nécessaire d'inonder les bassins perchés du delta tous les trois à cinq ans pour maintenir en santé leur écosystème essentiel. Les déversoirs ont permis d'élever considérablement au-dessus des niveaux d'eau naturels les niveaux d'eau minimums et moyens des lacs Athabasca et Mamawi, et de ramener les niveaux d'eau minimums et moyens du lac Claire à des niveaux similaires aux niveaux d'eau naturels, tout en diminuant l'échelle des fluctuations. Le modèle était limité parce qu'il ne pouvait simuler avec précision les événements d'embâcle et de débâcle. Les résultats de cet exercice de modélisation ont révélé que les niveaux d'eau fluctuaient à différents endroits dans le delta en raison de l'exploitation du barrage et qu'ils pourraient être utiles pour comparer la fréquence des inondations dans diverses parties du delta (Aitken et Sapach, 1994).

Andres (1996) a étudié et quantifié les processus de formation d'un couvert de glace sur les grandes rivières. Une procédure a été mise au point pour faire des prévisions de l'englacement

sur une rivière dont le débit n'est pas régularisé et prévoir la fonction dérivée d'une relation de stabilité qui tient compte à la fois de la température de l'air et du débit pour déterminer s'il se forme un couvert de glace juxtaposé ou soudé. Cette fonction dérivée est importante pour caractériser le type de couvert de glace qui se formerait sur la rivière de la Paix dans des conditions de régularisation des eaux. Avant la régularisation des eaux (au moyen du barrage Bennett), lorsque le débit était inférieur à 1 000 m³/s, les eaux de la rivière se refroidissaient à l'automne au même rythme que la température de l'air. Un couvert de glace stable se formait habituellement au début novembre à Peace Point et à la fin novembre ou au début décembre à Peace River. Après la régularisation des eaux, le débit était de deux à trois fois plus important. Ce fort débit d'eau relativement chaude de l'amont retardait l'englacement, augmentait la quantité de frasil et écourtait la durée du couvert de glace dans les tronçons en amont de Fort Vermilion. Que des effets mineurs sur le régime d'englacement dus à la régularisation des eaux ont été observés en aval des chutes Vermilion et à Peace Point (Andres, 1996).

Choles et ses collaborateurs (1996) ont examiné les renseignements de base concernant l'hydrologie et les processus influençant le débit des rivières et le niveau des lacs des tronçons principaux des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves, et de certains de leurs affluents importants. Une bibliographie annotée des renseignements hydrologiques pour la zone d'étude (à ce moment-là) est fournie en annexe. Il est conclu dans le rapport que les fluctuations saisonnières des niveaux d'eau du lac Athabasca ont considérablement diminué depuis la régularisation du débit. De la même manière, les niveaux d'eau mensuels moyens du Grand lac des Esclaves ont également changé après la régularisation du débit de la rivière de la Paix. Le résumé des renseignements concernant le débit des rivières et le niveau d'eau des lacs situés dans les bassins des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves a servi de contexte hydrologique pour les nombreux autres rapports publiés dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord. Les tendances liées au débit dans les tronçons et les affluents principaux des rivières, et celles liées au niveau des lacs ont été examinées, tant dans des conditions naturelles que dans des conditions d'eaux régularisées. Les processus de glace, ainsi que certains effets environnementaux ont été abordés (Choles *et al.*, 1996).

L'examen des données sur les débits et les conditions météorologiques a révélé que les crues historiquement élevées de 1990 pendant la saison des eaux libres n'ont pas inondé les altitudes plus élevées dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca. Cela laisse supposer que les inondations en eau libre ne pourraient éléver suffisamment le niveau d'eau ni assez fréquemment pour assurer la pérennité des bassins perchés. Les effets des remous produits par les embâcles pendant la débâcle de 1974 constituent les dernières inondations importantes répertoriées dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca. Les données révèlent que les inondations causées par les embâcles ont été provoquées par un écoulement important dans les affluents, particulièrement dans la rivière Smoky, lié à un enneigement abondant au printemps. Cependant, l'enneigement dans le bassin Smoky depuis le milieu des années 1970 était apparemment moins abondant que la moyenne, ce qui a aussi coïncidé avec l'absence d'inondations dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca. Ce projet était une action concertée avec des études complémentaires, les études techniques du delta des rivières de la Paix et Athabasca (Prowse *et al.*, 1996).

Church et ses collaborateurs (1997) ont pu constater des changements dans la morphologie et la végétation riveraine des tronçons albains de la rivière de la Paix en construisant des cartes de la morphologie de la rivière et des principales communautés végétales riveraines à partir de photographies aériennes prises à diverses dates. Leur travail de terrain, qui a débuté en 1994, avait pour but de se faire une idée de la réalité du terrain pour interpréter les communautés végétales. Ils ont tracé des cartes pour 1968 et 1993 afin que les changements ayant eu lieu au cours des 25 ans de régularisation des eaux au moyen du barrage Bennett puissent être résumés. La morphologie de la rivière était décrite comme une surface d'eau, une barre non végétalisée, une barre de végétation, une île, une plaine inondable et des cônes alluviaux d'affluents au sein de la plaine inondable. Le rétrécissement important des tronçons de la rivière entre la frontière de l'Alberta et Dunvegan, et de Carcass à Fort Vermilion fait partie des changements qui ont eu lieu au cours des 25 ans depuis la régularisation des eaux. Des galeries

arbustives se sont établies à la surface des barres entourant le noyau des anciennes îles. Les changements étaient plus importants dans les zones où les îles étaient en développement, c'est-à-dire où la stabilité de la rivière avait toujours été précaire. Les matériaux du lit étaient stockés temporairement dans ces zones pendant leur descente de la rivière (Church *et al.*, 1997).

Hicks et ses collaborateurs (1996) ont mis au point un modèle hydraulique de détournement des eaux de crue de la rivière de la Paix entre le barrage Bennett, en Colombie-Britannique, et Peace Point, dans le parc national Wood Buffalo, en Alberta. Ce modèle permettrait d'évaluer les effets des glaces sur les hydrogrammes de crues et la propagation des événements extrêmes tels que les inondations causées par la rupture du barrage et les crues glaciaires causées par la rupture des embâcles. Seules les données disponibles (recueillies par d'autres organismes) ont été utilisées. Les comparaisons avec les études réelles ont permis de confirmer que les sections transversales étudiées de la rivière étaient bien représentées par une approximation d'un chenal rectangulaire classique et large. La version définitive du modèle géométrique consistait en plus de 1 100 noeuds de calcul décrivant la largeur du chenal, l'élévation réelle du lit de la rivière et la rugosité du chenal. Même si le modèle avait la capacité de traiter des inondations extrêmement dynamiques (comme des inondations causées par la rupture du barrage et des crues glaciaires causées par la rupture des embâcles), les scénarios d'essai examinés dans le cadre de cette étude préliminaire étaient de simples vagues « diffuses ». Il était prévu que le modèle fournirait suffisamment de renseignements pour évaluer où d'autres études étaient nécessaires, et ce, pour faciliter les essais de ce genre à l'avenir (Hicks *et al.*, 1996). Le modèle hydraulique de détournement des eaux de crue de la rivière de la Paix a été mis à jour et étendu vers l'aval de manière à inclure la rivière des Esclaves. Le modèle de la rivière des Esclaves avait des limites en raison du manque de données sur les affluents pouvant expliquer la contribution du bassin de la rivière Athabasca jusqu'au delta des rivières de la Paix et Athabasca. Il a été conclu que le modèle hydraulique de détournement des eaux fondé sur les données de terrain et les données topographiques restreintes permettrait de prévoir de manière fiable les hydrogrammes de crues. Le principal avantage de cette approche était qu'il serait possible d'obtenir des résultats décrivant les hydrogrammes de crues entre les sites de mesure (Hicks et McKay, 1996).

B3.2 : Qualité de l'eau dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord

Des modèles numériques pour le transport et le devenir des produits chimiques dans l'environnement ont été conçus par Golder Associates Ltd. (1997a) pour les rivières Athabasca, Wapiti et Smoky. Les modèles ont été structurés comme des modèles unidimensionnels (longitudinaux) avec des compartiments interactifs distincts pour la colonne d'eau et le lit de sédiments. Les modèles ont d'abord été étalonnés pour le sodium et le total des solides en suspension. Des produits chimiques organiques, y compris plusieurs contaminants organiques issus des usines de pâte et le phénanthrène, ont été ajoutés au moyen d'un ensemble de constantes du devenir dans l'environnement élaborées à partir d'une recherche documentaire, d'un logiciel d'estimation numérique et d'estimations effectuées à l'aide de données de terrain. Les résultats des premières simulations ont été comparés aux données d'observation, puis des ajustements ont été apportés à certaines constantes du devenir dans l'environnement pour améliorer l'étalonnage. Les valeurs du modèle correspondaient toujours aux concentrations dissoutes dans la colonne d'eau, et ce, pour tous les produits chimiques sauf le phénanthrène, mais le modèle n'a pas réussi à simuler de façon satisfaisante les concentrations dans le lit de sédiments. Les résultats de simulation ont indiqué que l'amélioration la plus importante à apporter au modèle serait une capacité simulée de prédiction du transport des sédiments, y compris la remise en suspension des sédiments (Golder Associates Ltd., 1997a).

Les niveaux de mercure dans l'eau, les sédiments, les invertébrés et les poissons provenant des bassins des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves ont été résumés et décrits dans Donald *et al.* (1996a). Des données ont été obtenues à partir des bases de données fédérales et provinciales existantes, de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord ainsi que des rapports et des publications du gouvernement et du secteur privé. L'examen de ces données a révélé que

plusieurs centaines d'échantillons d'eau prélevés dans les bassins avaient été analysés pour déceler la présence du mercure, mais que ce dernier avait été décelé seulement dans un petit nombre d'échantillons. Dans le passé, comme les protocoles d'échantillonnage du mercure dans l'eau utilisés sur le terrain et en laboratoire n'étaient pas appropriés, la plupart des détections de cet élément dans l'eau n'étaient peut-être pas fiables. Les seuils de détection élevés utilisés (de 0,05 à 0,1 µg/kg) expliquent probablement pourquoi le mercure n'a pas été décelé dans la plupart des effluents municipaux et seulement à quelques occasions dans les effluents industriels (Donald *et al.*, 1996a).

Evans (1997) a procédé à l'échantillonnage du bassin ouest du Grand lac des Esclaves en mars 1994, en menant en parallèle des études sur des échantillons de carottes de sédiments. Les calculs fondés sur le taux de débit entrant de la rivière des Esclaves et sur les concentrations de phosphore et d'azote ont semblé indiquer que la rivière représentait une source majeure de phosphore et d'azote pour le bassin ouest, et que la majeure partie du phosphore et de l'azote entraînait dans le lac pendant les périodes de forts débits du printemps et de l'été. Il a été estimé que très peu des apports de phosphore et d'azote dans le Grand lac des Esclaves provenant de la rivière des Esclaves étaient exportés du lac par le débit sortant du fleuve Mackenzie. La biomasse de phytoplancton était faible. La communauté d'algues était constituée en majorité de diatomées aux sites situés à proximité de l'embouchure de la rivière des Esclaves. À d'autres sites d'étude, les espèces très mobiles étaient dominantes. La biomasse algale était plus importante au large de l'embouchure de la rivière des Esclaves ainsi qu'à un site qui pourrait avoir été influencé par la rivière au Foin (Evans, 1997).

B3.3 : Sédiments dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord

English et ses collaborateurs (1996) ont examiné l'impact de la régularisation des eaux de la rivière de la Paix en 1968 sur la progradation naturelle du delta de la rivière des Esclaves dans le Grand lac des Esclaves. Les variations du régime d'écoulement de la rivière de la Paix observées après la construction d'ouvrages de retenue ont eu des répercussions sur le régime de transport des sédiments de la rivière des Esclaves. Les données hydrométriques recueillies par la Division des relevés hydrologiques du Canada ont été utilisées pour comparer le débit mensuel moyen de la rivière de la Paix, à Peace Point, et le débit de la rivière des Esclaves, à Fitzgerald. Étant donné qu'aucune donnée sur les sédiments n'a été recueillie préalablement à la construction des ouvrages de retenue dans la rivière des Esclaves, le débit mensuel moyen de la rivière de la Paix, à Peace Point, a été utilisé pour prédire la charge sédimentaire mensuelle moyenne de la rivière des Esclaves, à Fitzgerald (une méthode de classification des sédiments). Les projections basées sur cette technique ont indiqué que la charge sédimentaire annuelle moyenne de la rivière des Esclaves, à Fitzgerald, avait diminué de 33 % au cours de la période ultérieure à la construction du barrage. La distribution saisonnière de la charge sédimentaire a aussi changé : la charge sédimentaire a augmenté de 315 % pendant l'hiver, mais diminué de 46 % pendant la saison des eaux libres. Deux séries de photographies aériennes prises à 20 ans et à 18 ans d'intervalle ont été examinées afin de comparer les changements géomorphologiques et botaniques survenus dans le delta avant et après la construction des ouvrages de retenue. Des travaux sur le terrain ont aussi été menés dans le delta de mai à juillet 1995 pour appuyer ces observations. Les recherches ont permis de confirmer le rétrécissement de 3 des 4 effluents, et l'élargissement du quatrième effluent durant la période s'échelonnant de 1946 à 1994. La fermeture partielle de l'entrée des chenaux et la réduction de la largeur des chenaux ont diminué la capacité de ces chenaux à transporter de manière efficace les sédiments (English *et al.*, 1996).

Bourbonnière et ses collaborateurs (1996a et 1996b) ont étudié des carottes de sédiments dans le but de dégager les tendances historiques importantes liées à l'apport de contaminants dans le lac Legend, au sud-ouest du lac Athabasca, dans le lac Weekes, au nord-est, et dans le lac Athabasca lui-même. L'âge des carottes de sédiments a été déterminé au moyen de la méthode du Pb²¹⁰, puis des relations entre l'âge et la profondeur ont été établies. Il a été déterminé que le milieu sédimentaire du lac Weekes avait été stable pendant au moins les 100 dernières années,

mais le taux de sédimentation du lac Legend semblait avoir changé aux environs de 1982 (Bourbonnière *et al.*, 1996a). Le milieu sédimentaire du lac Athabasca a été jugé comme étant stable depuis au moins les 100 dernières années. Les carottes prélevées à un site du lac Athabasca, près du delta des rivières de la Paix et Athabasca, en 1992 et 1993 ont été analysées pour déterminer la distribution granulométrique, et déceler la présence des espèces de carbone et d'azote, de radionucléides, de contaminants provenant des usines de pâte, de métaux lourds et de mercure, de HAP, d'hydrocarbures aliphatiques et d'hydrocarbures totaux, y compris les hydrocarbures pétroliers, les acides gras et les marqueurs biogéochimiques. Les résultats des analyses des sédiments de surface et des carottes de sédiments ont laissé entendre que les radionucléides associés aux activités minières avaient été transportés loin de leur point de rejet. Or, leur concentration dans les sédiments avait diminué depuis les années 1970 et s'approchait des concentrations de fond. Aucune tendance n'a été observée pour les métaux lourds analysés, sauf pour l'arsenic dont la concentration était cinq fois plus élevée que les concentrations de fonds mesurées dans les années 1970. Les HAP décelés ont été attribués à des sources pétrolières et de combustion. Aucune tendance claire n'a été constatée pour l'une ou l'autre de ces sources, sauf qu'une corrélation a pu être établie entre la distribution des HAP provenant de sources de combustion dans les carottes de sédiments et une courbe de la fréquence des incendies (depuis 1932) dans le parc national Wood Buffalo. Sur le plan spatial, la distribution des HAP au-dessus de la partie ouest du lac a laissé supposer que le transport atmosphérique était la principale cause (Bourbonnière *et al.*, 1996b).

Des concentrations de mercure de l'ordre de 27 à 123 µg/kg (poids sec) ont été mesurées dans des échantillons de sédiments prélevés dans les bassins des rivières. Ces concentrations étaient bien en deçà des recommandations provisoires pour le mercure dans les sédiments (170 µg/kg poids sec) émises pour protéger la vie aquatique. Aucune augmentation évidente du mercure dans les sédiments n'a été observée en aval des effluents industriels par rapport aux sédiments des sites en amont. Les carottes de sédiments prélevées dans le lac Athabasca ont révélé que les concentrations de mercure n'avaient pas augmenté au cours des 50 dernières années ou plus, et elles semblaient également indiquer que le bassin de la rivière Athabasca était la principale source de mercure pour le lac Athabasca (Donald *et al.*, 1996a).

Evans et ses collaborateurs (1996) ont recueilli des sédiments de surface et des carottes de sédiments aux fins d'analyse dans le but de définir l'historique de sédimentation des contaminants liés aux sédiments dans le Grand lac des Esclaves. Les carottes ont été datées au moyen des méthodes du plomb (210Pb) et du césium (137Cs). La rivière des Esclaves a été désignée comme une source de HAP et les formes dominantes de HAP provenaient de l'érosion des gisements de sables bitumineux se trouvant en amont. L'analyse des éléments nutritifs des carottes de sédiments a révélé que le bassin ouest du Grand lac des Esclaves avait vu sa productivité augmenter légèrement, probablement en raison du défrichement et de l'augmentation des projets d'aménagement anthropiques dans les bassins versants des rivières de la Paix et Athabasca. Les activités localisées dans les villes de Hay River et de Yellowknife peuvent également avoir été importantes. Le Grand lac des Esclaves était essentiellement un système vierge, mais il montrait quand même des signes de contamination anthropique récente (Evans *et al.*, 1996).

Crosley (1996) a examiné les résultats d'études de sédiments benthiques réalisées dans les bassins des rivières Athabasca et de la Paix du mois d'octobre 1994 au mois de mai 1995. Les sédiments ont été analysés pour déceler tout l'éventail des contaminants liés aux usines de pâte ainsi que la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), de composés phénoliques chlorés, de biphenyles polychlorés (BPC), de composés organiques halogénés extractibles (EOX), de toxaphène et de mercure. Les plus fortes concentrations totales de HAP ont été mesurées dans le bassin inférieur de la rivière Athabasca ainsi qu'aux sites en amont de la rivière de la Paix. Les plus fortes concentrations de composés phénoliques chlorés ont été mesurées en aval des usines de pâte kraft blanche, dans le cours supérieur des rivières Athabasca et Wapiti. Des dioxines et des furanes étaient présents en faibles concentrations dans les sédiments benthiques des bassins des deux rivières, mais, d'après les résultats, la contamination liée aux effluents des usines de pâte n'était pas étendue. Les composés

organiques halogénés extractibles, le toxaphène et le mercure total n'ont pas été décelés (cela est lié aux seuils de détection disponibles à ce moment-là). Les concentrations moyennes de certains composés étaient plus élevées dans la fraction de sable que dans la fraction d'argile et de limon des échantillons de sédiments déposés. Crosley (1996) a découvert que les sédiments déposés étaient un important milieu où s'accumulaient plusieurs groupes de composés de contaminants, mais le niveau de ces contaminants était en baisse dans la plupart des endroits échantillonnés.

Les résultats des analyses des contaminants ont été présentés pour les sédiments benthiques prélevés dans les bassins des rivières Athabasca et de la Paix par l'Alberta Environmental Protection de 1988 à 1990 et dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord, en 1992. Aucune corrélation importante n'a été observée entre les concentrations de contaminants et le pourcentage de carbone organique de la fraction fine du sol (la fraction ayant fait l'objet d'analyses pour déceler la présence de contaminants). La teneur en carbone organique des sédiments constituait un mauvais prédicteur des concentrations de contaminants. Les corrélations entre les concentrations des contaminants liés aux usines de pâte kraft blanchie ont également été étudiées. La corrélation entre le contenu organique des échantillons et la concentration de contaminants était très faible. Les concentrations de contaminants dans les sédiments étaient faibles dans tous les bassins versants (Brownlee *et al.*, 1997).

Dobson et ses collaborateurs (1996) ont testé des échantillons de sédiments en suspension et de sédiments benthiques à l'aide de quatre espèces d'invertébrés benthiques d'eau douce dans le cadre d'essais biologiques chroniques. Les paramètres mesurés étaient la survie, la croissance (amphipodes, chironomidés et éphémères) et la reproduction (vers oligochètes). La croissance et la survie des chironomidés n'ont pas été compromises par l'exposition aux sédiments d'essai. La survie, la croissance et la reproduction des trois autres invertébrés ont été compromises lorsque ces invertébrés étaient exposés aux sédiments benthiques de certains sites. Dans la rivière Athabasca, des effets ont été observés avec des sédiments recueillis en amont de Hinton, en aval de Whitecourt, en aval de l'usine Alberta-Pacific et à proximité du delta Athabasca. Dans la rivière Smoky, des effets ont été observés en amont de l'embouchure de la rivière Wapiti. Dans la rivière de la Paix, des effets ont été observés en amont de l'embouchure de la rivière Smoky. Les effets observés de l'exposition aux sédiments benthiques de ces sites peuvent avoir été causés par les effets combinés des contaminants chimiques (niveaux élevés de cuivre et de zinc) et des caractéristiques physiques (contenu sableux élevé). Les effets pourraient aussi avoir été causés par d'autres composés ou caractéristiques qui n'ont pas été mesurés dans le cadre de cette étude. Seul le ver oligochète a été exposé à des sédiments en suspension et, même si les résultats étaient plus variables que pour les sédiments benthiques, peu d'effets toxiques sur sa reproduction ont été observés (Dobson *et al.*, 1996).

Golder Associates Ltd. (1997b) ont incorporé un algorithme de transport des sédiments pour la rivière Athabasca dans le modèle du devenir des contaminants de la rivière Athabasca. La version révisée du modèle de devenir a permis d'effectuer une simulation de prévision du transport des sédiments. Le nouvel algorithme a permis à la version révisée du modèle de prévoir la remise en suspension ainsi que la sédimentation. Bien que les résultats du projet aient révélé la nécessité d'entreprendre des travaux supplémentaires dans le domaine des paramètres de modèle et des conditions d'entrée, le nouveau modèle a tout de même permis de mieux prédire l'échange des sédiments entre le lit de la rivière et la colonne d'eau, et de conclure que cet échange est plus dynamique que ce qui avait été prévu. Le modèle révisé prédisait un échange très dynamique des sédiments entre la colonne d'eau et le lit de la rivière, et une accumulation de fins matériaux du lit au cours de la fin de l'automne et de l'hiver, la remise en suspension pendant la crue printanière et très peu d'accumulation nette au cours de l'été. Les concentrations de contaminants au cours de l'hiver étaient semblables aux concentrations prévues lors de l'étalonnage initial, mais les concentrations mesurées de la fin du printemps à la fin de l'automne étaient beaucoup plus faibles que les concentrations prévues initialement (Golder Associates Ltd., 1997b).

Carson et Hudson (1997) ont fait une analyse rétrospective des processus fluviaux qui influencent la dynamique des contaminants dans les sédiments. Les flux de sédiments ont été examinés à l'aide de documents du programme de surveillance des sédiments en suspension publiés par la Division des relevés hydrologiques du Canada (voir la section B5 ci-dessous). Le bilan massique des sédiments en suspension ainsi que les mesures spéciales du flux de contaminants dans les sédiments, prises dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord avec un échantillonnage par centrifugation, ont aussi été examinés. Bon nombre de contaminants préoccupants dans la zone de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord présentent une grande affinité avec les sédiments. Par conséquent, la distribution, les voies de propagation et le devenir de nombreux contaminants sont étroitement liés à la dynamique des sédiments riverains. Le rapport conclut que, même si certains résultats de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord ont permis d'obtenir des observations intéressantes, il aurait été plus utile que le travail de surveillance et d'évaluation des sédiments soit réalisé avant d'entreprendre le travail de terrain (Carson et Hudson, 1997).

La figure 14 illustre les sites d'échantillonnage des sédiments analysés pour déceler la présence de métaux et de HAP, dont les données proviennent de la base de données de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord.

B3.4 : Poissons dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord

Boag et D.A. Westworth and Associates Ltd. (1993) ont mené une étude sur la pêche dans les rivières de la Paix et des Esclaves au cours du printemps 1992. La composition, l'abondance et la répartition des espèces de poissons ainsi que les caractéristiques de l'habitat ont été déterminées pour 13 tronçons, à partir de la frontière entre l'Alberta et la Colombie-Britannique, sur la rivière de la Paix, jusqu'à Fort Smith, sur la rivière des Esclaves. Au total, 29 espèces ont été identifiées au cours de l'étude. Les poissons fourrages tels que le méné, la perche-truite et le chabot étaient les poissons les plus nombreux de la prise. La laquaiche aux yeux d'or était l'espèce de poisson de sport la plus abondante dans la rivière de la Paix, suivie du doré jaune, de la lotte, du grand brochet et du ménomini de montagnes (présent seulement dans les parties supérieures de la rivière de la Paix). Plus de poissons ont été capturés dans les cours moyen et inférieur du tronçon principal de la rivière de la Paix que dans le cours supérieur. Le grand brochet, la laquaiche aux yeux d'or, le doré jaune et la lotte sont les prises de poissons (en ordre décroissant d'abondance) associées à la pêche sportive dans la rivière des Esclaves. L'abondance des poissons dans la rivière des Esclaves était faible par rapport à l'abondance dans la rivière de la Paix. Les tronçons principaux des rivières de la Paix et des Esclaves offraient un habitat d'hivernage pour ces poissons, et l'eau était suffisamment profonde dans les deux rivières pour que la profondeur de l'eau ne constitue pas un facteur limitant. Les poissons avaient tendance à être concentrés dans les faux chenaux et les eaux arrêtées, et à la confluence des affluents, là où le courant était faible. Cela a été observé tout particulièrement dans la rivière des Esclaves, où les poissons étaient surtout répartis dans les affluents échantillonnés (Boag et D.A. Westworth and Associates Ltd., 1993).

Balagus et ses collaborateurs (1993) ont noté la qualité des poissons lors de la pêche hivernale de subsistance dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca. Des échantillons de poissons entiers ont été recueillis aux sites de pêche hivernale traditionnelle du delta des rivières de la Paix et Athabasca, et du lac Athabasca. Les pêcheurs autochtones ont indiqué que la pêche hivernale pour la consommation humaine avait généralement lieu lorsque la glace était suffisamment épaisse pour permettre les déplacements (du début à la mi-décembre), plutôt qu'à la fin de l'hiver, c'est-à-dire lorsque l'échantillonnage pour cette étude avait été réalisé. Même si les filets pouvaient être tendus tout au long de l'hiver, la plupart des poissons pêchés à la fin de l'hiver servaient généralement à nourrir les chiens de traîneau. Le grand brochet, le doré jaune et le grand corégone étaient les espèces préférées pendant les mois d'hiver, mais la laquaiche aux yeux d'or, la lotte et le meunier noir étaient aussi des espèces qui pouvaient être

consommées selon les besoins, la disponibilité, la taille des poissons et la préférence individuelle (Balagus *et al.*, 1993).

Smithson (1993) a publié les résultats d'une analyse des tissus de poissons provenant de deux sites de pêche hivernale traditionnelle situés à l'extrême ouest du lac Athabasca, Hook Point et île Bustard, effectuée en 1993. Les poissons ont été remis au Saskatchewan Research Council aux fins d'analyse radiochimique des muscles et des os. La plupart des résultats liés aux isotopes du plomb-210, du polonium-210 et du radium-226 étaient proche ou en deçà du seuil de détection. L'uranium était le seul radio-isotope présentant des concentrations moyennes légèrement supérieures aux seuils de détection et seules les valeurs liées au grand corégone étaient bien au-delà des seuils de détection. Ces résultats concordent avec les niveaux de radionucléides mesurés dans les poissons d'autres lacs du Nord de la Saskatchewan qui ne sont pas exposés aux activités de l'exploitation minière ou aux activités des usines de traitement où l'uranium est présent. Ces résultats semblent indiquer que les poissons provenant des sites de pêche hivernale traditionnelle situés à l'extrême ouest du lac Athabasca n'étaient pas contaminés par les radionucléides (Smithson, 1993).

Jacobson et Boag (1995) ont décrit les collectes de poissons réalisées à 23 sites dans les bassins versants des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves, en 1994. Dans le bassin versant de la rivière Athabasca, 5 sites du tronçon principal de la rivière et certains de ses affluents, dont la rivière McLeod, la rivière Pembina, la Petite rivière des Esclaves et la rivière Clearwater ont été échantillonnés. Des poissons ont également été pêchés dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca et dans le delta de la rivière des Esclaves. Des spécimens de lotte, de grand brochet, de meunier rouge et de méné à tête plate ont été pêchés pour effectuer des examens pathologiques cliniques. Dans le cadre d'études ultérieures, ces échantillons ont pu être analysés pour déceler la présence de contaminants, des analyses biochimiques ont été menées, et le contenu stomacal des spécimens et la morphologie des gonades ont été examinés. La plupart (84 %) des poissons examinés (examen interne et externe) pour déceler toute anomalie pathologique clinique ou difformité semblaient normaux. Parmi les anomalies observées chez 16 % des poissons échantillonnés, les tumeurs et les lésions chez le meunier rouge étaient les anomalies les plus fréquentes (Jacobson et Boag, 1995).

L'examen réalisé par Donald et ses collaborateurs (1996a) des analyses de tissus des poissons échantillonnés dans les bassins des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves pour déceler la présence de mercure a en effet révélé la présence de mercure dans toutes les espèces pêchées dans l'ensemble des rivières et des lacs. Les niveaux de mercure étaient plus élevés dans les espèces de poissons prédateurs tels que le brochet, le doré jaune, la lotte et l'omble à tête plate, et les concentrations maximales ont été mesurées dans les grands spécimens. Dans le bassin de la rivière Athabasca, les plus fortes concentrations de mercure ont été décelées dans le doré jaune, puis dans la laquaque aux yeux d'or, le grand brochet, le meunier rouge et le ménomini de montagnes (concentrations décroissantes). Dans le tronçon de la rivière Athabasca, entre la ville d'Athabasca et la limite sud du parc national Wood Buffalo, les concentrations de mercure de 25 % des dorés jaunes dépassaient la limite de 500 µg/kg établie par Santé Canada. De 1977 à 1992, les niveaux de mercure n'ont pas augmenté dans les dorés jaunes échantillonnés dans la partie ouest du lac Athabasca. Les spécimens d'omble à tête plate échantillonnés dans le réservoir Williston, en Colombie-Britannique, présentaient les niveaux de mercure les plus élevés de tous les poissons échantillonnés dans les 3 bassins. Il a été recommandé que la concentration de mercure du doré jaune provenant du lac Athabasca et de sites le long du cours inférieur de la rivière Athabasca, en aval de la ville d'Athabasca soit mesurée à intervalles réguliers, peut-être tous les 2 ans (Donald *et al.*, 1996a).

Tallman et ses collaborateurs (1996) ont établi l'alimentation, le réseau trophique et les changements saisonniers dans la structure de la communauté de poissons du cours inférieur de la rivière des Esclaves en 1994 et en 1995. L'alimentation a pu être évaluée en examinant le contenu stomacal et en classant les différents aliments au moyen de la méthode d'occurrence en pourcentage. Dix-huit (18) espèces de poissons ont été capturées dans la région de la rivière des Esclaves. La communauté de poissons était constituée d'espèces très migratrices (p. ex.

inconnu et grand corégone) qui frayaient dans la rivière à l'automne et retournaient au lac pour la majeure partie de l'année, d'espèces résidentes (p. ex. laquaiche aux yeux d'or et méné à tête plate) qui formaient des groupes distincts dans la rivière au printemps, probablement pour le frai, et d'espèces résidentes qui ne formaient pas de groupes particuliers, telles que le doré jaune, le grand brochet, le meunier rouge, le meunier noir et la lotte. D'après les captures par unité d'effort, la laquaiche aux yeux d'or était l'espèce la plus abondante. Parmi les espèces moyennement abondantes, mentionnons le grand brochet, le doré jaune, le grand corégone, le méné à tête plate et le meunier rouge. Le meunier noir était présent seulement dans la rivière Salt, un affluent de la rivière des Esclaves. L'inconnu était rare, sauf pendant la migration de frai. La lotte aussi était rare, mais cela pourrait s'expliquer par le fait que cette espèce était moins vulnérable à l'engin de pêche utilisé. La chaîne alimentaire piscinière était constituée de poissons spécialisés se nourrissant uniquement d'autres poissons, par exemple l'inconnu et la lotte, de prédateurs opportunistes et généralistes comme le grand brochet et le doré jaune, qui se nourrissent de poissons et d'invertébrés, et de poissons se nourrissant d'invertébrés comme le grand corégone, le doré jaune, le méné à tête plate, le meunier rouge et le meunier noir, qui se nourrissent d'une grande variété de proies (Tallman *et al.*, 1996).

Les échantillons de tissus recueillis dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord ont été congelés et sont conservés dans des archives (Rod Hazewinkel, ministère de l'Environnement de l'Alberta, comm. pers.). Ils constituent une ressource précieuse aux fins d'analyses comparatives avec les échantillons actuels et futurs.

La figure 15 montre les sites d'échantillonnage (tirés de la base de données de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord) des poissons ayant été analysés pour déceler la présence de métaux et de HAP.

B3.5 : Études sur les invertébrés dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord

Des échantillons d'invertébrés benthiques prélevés sous la glace à la fin de l'hiver 1993 par Dunnigan et Millar (1993) ont été analysés par Saunders et Dratnal (1994). Les animaux ont été identifiés, dénombrés et le poids humide de chaque taxon a été mesuré. Les larves de chironomidés parasitées par des nématodes de la famille des mermithidés ont également été dénombrées. Le genre des groupes taxinomiques importants sur le plan écologique a été identifié lorsque les stades étaient suffisamment développés. Le poids humide des échantillons de chaque taxon identifié a été mesuré. Des éphéméroptères, des perles et des phryganes représentatives de la faune échantillonnée aux fins d'analyses pour déceler la présence de contaminants dans les tissus dans le cadre d'autres études de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord provenaient de cinq des neuf sites de la rivière Athabasca. Les résultats ont été présentés dans les annexes du rapport (Saunders et Dratnal, 1994).

Les données sur la structure de la communauté de macro-invertébrés benthiques des réseaux hydrographiques des rivières Athabasca et de la Paix, qui provenaient d'un grand nombre de sources, notamment du gouvernement et de l'industrie, ont été compilées par Scrimgeour et ses collaborateurs (1995). Les ensembles de données ont permis de mettre sur pied une base de données complète de la structure de la communauté de macro-invertébrés benthiques pour la période s'échelonnant de 1960 à 1992. Les différences marquées entre les techniques d'échantillonnage utilisées par les différentes études ont empêché le recours à une analyse chronologique pour examiner les tendances temporelles liées à la structure de la communauté d'invertébrés. La classification de la communauté d'invertébrés a plutôt été comparée par l'analyse typologique de l'abondance taxinomique moyenne pour chaque communauté. Les résultats des analyses typologiques ont indiqué que la structure de la communauté d'invertébrés benthiques de la rivière Athabasca, près de Hinton et Whitecourt, et de la rivière Wapiti, près de Grande Prairie, semblait peu touchée par les effluents municipaux et les effluents d'usine de pâte (Scrimgeour *et al.*, 1995). Scrimgeour et Chambers (1996) ont utilisé des substrats libérant des éléments nutritifs en aval des effluents combinés de Hinton pour déceler les effets interactifs de

l'enrichissement en éléments nutritifs et de l'herbivorie (broutage par les insectes aquatiques) sur la biomasse des algues. Bien qu'elles ne fassent pas partie du rayon d'action de l'élargissement de l'étendue géographique, ces études pourraient fournir des données de base utiles pour la partie d'amont.

L'examen des niveaux de mercure dans les échantillons d'invertébrés benthiques (Donald *et al.*, 1996a) a révélé que la présence de mercure n'avait pas été décelée dans les échantillons d'invertébrés recueillis dans le tronçon Hinton-Whitecourt de la rivière Athabasca. Toutefois, en 1983, dans le tronçon où se trouvaient les installations de la Suncor, le niveau de mercure a augmenté chez les invertébrés aquatiques en aval, passant de 70 à 1 400 µg/kg. Ce niveau exceptionnellement élevé chez les invertébrés aquatiques laissait entendre que l'exploitation de la Suncor au début des années 1980 pouvait avoir été une source importante de mercure dans le cours inférieur de la rivière Athabasca. Cela dit, les niveaux de mercure beaucoup plus faibles mesurés dans un échantillon d'invertébrés prélevé en 1994 dans ce même tronçon laissaient supposer que l'exploitation de la Suncor ne constituait plus une source importante de mercure. Une des recommandations découlant de cet examen était de mener une étude approfondie dans le cours inférieur de la rivière Athabasca pour évaluer et déterminer les mécanismes et les voies d'absorption du mercure par le biote aquatique, y compris une évaluation de la contribution de l'effluent d'eaux usées de la ville de Fort McMurray et des installations de la Suncor (Donald *et al.*, 1996a).

Des données à long terme d'évaluation de la structure de la communauté de macro-invertébrés benthiques et de poissons dans les réseaux hydrographiques des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves ont été recueillies, puis la nature et la qualité de ces données ont été évaluées (Cash *et al.*, 1996). Les bases de données existantes ont été compilées en une seule base de données de référence normalisée et accessible (BONAR – la base de données sur le benthos des rivières du Nord de l'Alberta). La base de données de référence a été compilée en une base de données relationnelle (en format Microsoft Access) et était accompagnée d'un manuel d'utilisation (Ouellette et Cash, 1995). Les données de la base de données BONAR, ainsi que d'autres données historiques disponibles sur la structure de la communauté de macro-invertébrés benthiques et de poissons recueillies dans les trois bassins ont été analysées afin de déterminer les effets locaux et à l'échelle du bassin, à long terme, de l'activité humaine (en particulier des activités de l'usine de pâte) sur la structure des communautés aquatiques, et afin d'évaluer si les données recueillies dans les bassins des rivières du Nord étaient suffisamment de qualité et en quantité suffisante pour permettre de surveiller ces effets. De manière générale, on a déterminé que les données disponibles sur la communauté de poissons ne pouvaient être utilisées efficacement comme outil de biosurveillance dans les bassins des rivières du Nord. Il a été recommandé que soit adoptée une approche de biosurveillance combinant des protocoles d'évaluation rapide et une approche statistique multidimensionnelle, et incluant la caractérisation des variables physiques, chimiques et de l'habitat (Cash *et al.*, 1996).

Plusieurs autres études sur les invertébrés benthiques strictement associées aux usines de pâte situées en amont ont été réalisées dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord, mais comme elles ne portent pas sur l'étendue géographique élargie, leurs résultats ne sont pas inclus ici.

Les échantillons de tissus recueillis dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord ont été congelés et sont conservés dans des archives (Rod Hazewinkel, ministère de l'Environnement de l'Alberta, comm. pers.). Ils constituent une ressource précieuse aux fins d'analyses comparatives avec les échantillons actuels et futurs.

B4 : INITIATIVE DES ÉCOSYSTÈMES DES RIVIÈRES DU NORD (IERN)

Afin de répondre aux recommandations issues de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord ainsi qu'à la demande du public pour des études de suivi, l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord a été adoptée en 1998. Cette initiative comprenait à la fois des initiatives stratégiques et

des recherches scientifiques. L'étude sur cinq ans était axée sur des priorités telles que la prévention de la pollution, la perturbation endocrinienne chez les poissons, l'hydrologie, les contaminants, les éléments nutritifs, l'eau potable et l'amélioration de la surveillance de l'environnement. Sa mission consistait à fournir les fondements scientifiques à la réponse des gouvernements aux recommandations formulées dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord [EBRN (Canada), 2004].

Collectivement, ces programmes examinaient les changements climatiques et la variabilité climatique, les effets des modifications de l'utilisation des terres et de la régularisation du débit sur l'hydrologie des rivières, des lacs et du delta ainsi que sur l'écologie aquatique en amont du Grand lac des Esclaves. L'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord comprenait notamment des études hydrologiques clés mettant l'accent sur le bassin versant et le delta de la rivière Athabasca : analyse historique de l'écoulement spatiotemporel contribuant aux débits saisonniers élevés vers le delta (Peters et Prowse, 2006); évaluation par modélisation hydrologique des effets prévus des changements climatiques à venir sur l'écoulement vers l'embouchure de la rivière (Toth *et al.*, 2006). Ces études ainsi que d'autres études hydroécologiques pertinentes sont incluses dans un cahier spécial de l'initiative abordant les processus hydrologiques (Wrona et Gummer, 2006).

B4.1 : Hydrologie et modélisation dans le cadre de l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord

Dans le but d'étudier les rôles relatifs de la variabilité du climat et de la régularisation du débit, le bassin versant et le delta des rivières Athabasca et de la Paix ont été modélisés au moyen d'un modèle hydrologique réparti, basé sur des critères physiques, et d'un modèle hydraulique de l'écoulement dans un canal à surface libre. Ces modèles ont été forcés en utilisant à la fois des données historiques et d'observation, et des données sur les températures et les précipitations obtenues par des scénarios de changements climatiques. Une comparaison des estimations des scénarios climatiques actuels et futurs a permis de prédire une fonte printanière précoce, des débits hivernaux élevés et une augmentation possible du volume annuel des débits. Les températures plus chaudes prévues par les scénarios climatiques futurs et les changements de débits dans les rivières Athabasca et de la Paix influencerait la période et la croissance des embâcles, ce qui représente le principal mécanisme de régénération hydrologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca. Cet effet serait aggravé par une réduction de la profondeur et du volume du débit. La modélisation a montré que, de façon générale, une atténuation de la rigueur de l'hiver réduisait le niveau des lacs et les débits fluviaux. À l'aide du modèle hydrodynamique, on a estimé que les niveaux de la rivière baisseraient considérablement au printemps en raison des changements climatiques. La simulation a également permis de prédire une diminution des niveaux durant l'été dans les rivières Athabasca et de la Paix (Pietroniro *et al.*, 2004).

Une approche fondée sur la géomatique visant à surveiller les variations spatiotemporelles dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca a été élaborée au moyen des images d'un radar à synthèse d'ouverture RADARSAT et d'images satellites visibles et infrarouges. Les cartes d'inondation ainsi produites pour la période allant de 1996 à 2001 illustrent l'étendue des inondations de surface de 1996 et 1997, et l'abaissement subséquent du niveau d'eau. Une carte spatiale de la durée des crues basée sur les cartes d'inondation de chacune des années a aussi été produite, et montre les régions du delta où la fréquence des inondations semble être la plus élevée. Des modèles généraux de la végétation du delta des rivières de la Paix et Athabasca ont également été cartographiés à l'aide d'images satellites prises à l'été 2001. Une comparaison entre les cartes de la végétation et celles de la durée des crues illustre la relation qui existe entre les modèles de végétation et la durée des crues. Un modèle altimétrique numérique de certaines zones non inondées a été créé à partir de données de détection et de télémétrie par ondes lumineuses aéroportées recueillies à l'été 2000. Le modèle a permis de comprendre les différentes configurations topographiques subtiles dans cette région relativement plate. Les comparaisons effectuées entre la carte de la végétation et le modèle altimétrique numérique ont montré qu'il existait une relation entre les modèles de végétation et la topographie. Les auteurs

ont recommandé que des cartes de la végétation et des cartes d'inondation soient produites tous les ans pour suivre de près les changements qui se produisent dans le delta (Pietroniro et Töyrä, 2004).

Prowse et ses collaborateurs (2004) ont abordé un certain nombre d'études hydroclimatiques menées dans le cadre de l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord dans le réseau fluvial et lacustre des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves. La modélisation historique de l'équilibre hydrique *in situ* des bassins perchés du delta des rivières de la Paix et Athabasca a révélé que ces réseaux étaient en mesure de conserver leur eau pendant tout au plus neuf ans, dans des conditions d'humidité, et pendant aussi peu que cinq ans lorsqu'ils étaient exposés à des conditions relativement stables de fraîcheur et de sécheresse. L'examen approfondi des inondations causées par les embâcles à la suite de la régularisation des eaux est venu corroborer les conclusions d'études réalisées antérieurement dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord selon lesquelles de telles inondations sont maintenant causées principalement par des « affluents déclencheurs » (la rivière Smoky dans le bassin de la rivière de la Paix, et les sous-bassins des rivières Clearwater et Pembina dans le bassin de la rivière Athabasca). Les débits doivent être supérieurs à environ 4 000 m³/s pour qu'une inondation se produise lors des crues, et la neige accumulée doit fondre rapidement et produire au moins 150 mm d'eau dans l'affluent déclencheur pour provoquer d'importantes inondations causées par les embâcles. L'étalonnage d'un modèle d'inondations causées par les embâcles pour le delta des rivières de la Paix et Athabasca prévoyait une évaluation détaillée de l'efficacité de l'augmentation du débit pendant la période de débâcle printanière afin que les inondations lors des crues puissent remplir les bassins perchés du delta des rivières de la Paix et Athabasca, ce qui répond à une recommandation en matière de gestion formulée à la suite de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord. D'autres travaux de l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord étaient axés sur le Grand lac des Esclaves et le delta de la rivière des Esclaves. Il s'est avéré que les conditions climatiques et la régularisation du débit avaient également une incidence sur les niveaux d'eau du Grand lac des Esclaves, qui, à leur tour, avaient des répercussions sur d'autres processus littoraux, comme la seiche et la formation d'embâcles, qui influencent les inondations, le réseau de chenaux, la sédimentation et, en fin de compte, la productivité biologique du delta de la rivière des Esclaves (Prowse *et al.*, 2004).

B4.2 : Qualité de l'eau et des sédiments dans le cadre de l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord

Weins et ses collaborateurs (2004) ont étudié l'apport atmosphérique de mercure dans l'écosystème aquatique du delta de la rivière Athabasca. Des données sur le mercure recueillies pendant un an à Fort Chipewyan ont été comparées aux données d'observation de la qualité de l'air recueillies simultanément au même endroit et aux mesures de mercure prises à d'autres sites au Canada. Certains événements de concentrations élevées de mercure ont révélé qu'il existait une trajectoire de masses d'air traversant la région de Fort McMurray, ce qui indique que le mercure est transporté par voie aérienne vers le nord (Weins *et al.*, 2004). Ces travaux ont d'importantes conséquences sur la complexité des éventuels dépôts aériens de mercure dans l'étendue géographique élargie.

Milburn et Prowse (1998) ont entrepris des recherches sur le dépôt par sédimentation des oligoéléments et des contaminants organiques dans le delta de la rivière des Esclaves en mettant l'accent sur la distribution temporelle et spatiale des sédiments. Les résultats ont confirmé l'hypothèse que la période de couvert de glace était une importante période de sédimentation des sédiments fins. Les charges de contaminants dans les sédiments étaient supérieures à la fin de l'hiver qu'à la fin de l'automne à la suite de débits importants durant l'été. Une comparaison des résultats de ces travaux avec les résultats d'autres travaux de recherche pertinents sur le réseau hydrographique de la rivière des Esclaves montre que le delta constitue un puits pour les contaminants organiques liés aux sédiments. D'après les résultats de cette étude, l'importance de

l'hiver devrait être un point d'intérêt primordial pour les études futures sur les contaminants (Milburn et Prowse, 1998).

Donald et ses collaborateurs (1996b; 2004) ont discuté de la composition chimique de l'eau des rivières se déversant dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca, et proposé une série d'indicateurs, dont certaines suggestions pour des niveaux précis de phosphore, de sulfate, de matières dissoutes totales et d'oxygène dissous. Une analyse en composantes principales des données sur les rivières affluentes (les rivières Athabasca, Birch et de la Paix) et des données actuelles sur le delta des rivières de la Paix et Athabasca a été réalisée pour tenter de déterminer si les rivières avaient des caractéristiques chimiques distinctes et si les sites dans le delta présentaient des caractéristiques chimiques reflétant les rivières sources. C'est aux caractéristiques de la rivière Birch que la qualité historique de l'eau du lac Claire correspondait le plus étroitement. Les données plus récentes sur le lac Mamawi et d'autres sites du delta se comparaient davantage aux données sur les rivières Athabasca et de la Paix. Les sites dans la partie sud du lac Mamawi chevauchaient les sites d'échantillonnage de la rivière Athabasca, mais d'autres paramètres indiquaient que les configurations spatiales étaient irrégulières. Il a été conclu que les rivières Athabasca, Birch et de la Paix influençaient la qualité de l'eau du delta, mais que les petits bassins perchés et reliés contribuaient également aux caractéristiques chimiques des eaux de surface. Les données brutes de la composition chimique de l'eau pour le lac Mamawi pour la période de 1994 à 1999, ainsi que les données de la composition chimique de l'eau des bassins perchés recueillies par Canards Illimités Canada en 2000 ont été compilées dans une annexe du rapport (Donald *et al.*, 2004).

Dans le cadre d'une évaluation des Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux pour la protection de la vie aquatique relatives à l'oxygène dissous, Culp et ses collaborateurs (2004) ont examiné la relation qui existe entre les concentrations d'oxygène dissous dans la colonne d'eau et dans l'eau interstitielle. Un volet de l'évaluation concernait l'étude approfondie de la dynamique de l'oxygène dissous dans la colonne d'eau de la rivière Athabasca. Dans le cadre de ce volet, Culp et ses collaborateurs ont examiné la signature isotopique de l'oxygène dissous dans la colonne d'eau à proximité du cours supérieur de la rivière, en amont de Jasper et à 22 sites répartis dans le bassin, aussi loin vers le nord que Fort Chipewyan. Les échantillons d'eau ont été prélevés dans ces tronçons sur une période de 3 ans et pendant plusieurs saisons afin de tenir compte des conditions de faibles débits et de températures froides en hiver, des conditions de débits élevés et de températures chaudes en été, et des conditions de base caractérisées par de faibles débits et des températures fraîches. Dans le but d'établir des liens entre les paramètres et les processus physiques et les niveaux d'oxygène dissous dans l'eau interstitielle, les fractions $\delta^{18}\text{O}_2$ ont été examinées. Les résultats ont révélé que l'écart traditionnellement présumé entre l'eau interstitielle et la colonne d'eau était douteux, car il était peu lié à une faible concentration d'oxygène dissous dans l'eau interstitielle et dépassait fréquemment les 3 mg/L présumés en vertu des recommandations à ce moment-là. Ce constat a montré que l'utilité de l'oxygène dissous dans la colonne d'eau était incertaine en tant qu'indicateur pour évaluer les risques dans les rivières du Nord. Comme il est évident que les concentrations d'oxygène dissous étaient faibles dans l'eau interstitielle, même à des sites de référence vierges, les travaux futurs doivent établir la signification écologique des faibles concentrations d'oxygène dissous dans l'eau interstitielle pour la viabilité du biote des rivières (Culp *et al.*, 2004).

B4.3 : Poissons et invertébrés dans le cadre de l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord

Donald et ses collaborateurs (2004) ont aussi proposé des objectifs environnementaux pour le delta des rivières de la Paix et Athabasca : le maintien, à Fort Chipewyan, des mesures climatiques, de la qualité de l'eau, des niveaux d'eau, des communautés d'invertébrés benthiques, de la composition de la communauté de poissons, de l'abondance de la population de laquaiches aux yeux d'or, et des prises commerciales de dorés jaunes et de laquaiches aux

yeux d'or. Des indicateurs pertinents sur le plan environnemental ont été sélectionnés en tenant compte des données historiques (communauté de poissons, qualité de l'eau), de la collecte annuelle sur une base continue et à long terme de données dans le cadre d'autres programmes (climat, niveaux d'eau, prises commerciales de dorés jaunes), de la pertinence pour le public (niveaux d'eau, climat, doré jaune, laquaiche aux yeux d'or), du faible coût pour déterminer la situation (abondance de la laquaiche aux yeux d'or) et des liens au sein du réseau trophique. Environnement Canada, Parcs Canada, l'Alberta Environmental Protection et l'Office de commercialisation du poisson d'eau douce ont recueilli chaque année des données propres à chaque organisme sur la météorologie, la qualité de l'eau, les niveaux d'eau, et les prises commerciales de dorés jaunes et de laquaiches aux yeux d'or. Ces données annuelles ont été examinées pour déterminer la stabilité à long terme ou les tendances. De plus, des données sur la communauté de poissons, l'abondance de la laquaiche aux yeux d'or et la qualité de l'eau du lac Mamawi ont été recueillies en 1994, 1999 et 2002. Il a par la suite été recommandé que tous les programmes de surveillance annuelle et particulière, et les programmes de collecte de données ayant été compilés pour le présent rapport soient maintenus, et qu'une évaluation complète de l'intégrité écologique des milieux aquatiques du delta des rivières de la Paix et Athabasca soit effectuée une ou deux fois tous les dix ans à l'aide des indicateurs définis dans le rapport et d'autres renseignements pertinents. La crevette *Cænesterheriella belfragei* a été proposée comme espèce indicatrice écosystémique des invertébrés benthiques. Cependant, les crustacés conchostracés sont connus pour avoir des œufs qui peuvent rester à l'état dormant dans les sédiments pendant des années (Donald *et al.*, 2004). On comprend maintenant que cette crevette ne serait pas un bon indicateur parce que la population monte en flèche et chute sans qu'on en connaisse les éléments déclencheurs. La figure 16 indique les sites de terrain pour cette étude.

Environnement Canada (2003) a commandé un examen et un rapport de synthèse de l'état des connaissances sur l'écosystème aquatique du Grand lac des Esclaves. Les objectifs de ce rapport étaient de décrire la fonction de l'écosystème du Grand lac des Esclaves, de déterminer les principaux facteurs de stress qui influencent cet écosystème et d'évaluer la vulnérabilité de l'écosystème avec les données disponibles. On a d'abord pensé que les facteurs de stress et les perturbations étaient essentiellement des activités humaines, mais les événements naturels ont également été pris en considération. Une équipe multidisciplinaire a entrepris un examen intensif des rapports publiés et non publiés. Elle s'est entretenue au téléphone avec des personnes connaissant bien la région du Grand lac des Esclaves et a organisé des rencontres, principalement à Yellowknife, à Hay River, à Edmonton, à Saskatoon et à Winnipeg. Les principaux facteurs de stress internes et externes liés à la vulnérabilité potentielle de l'écosystème du lac ont été cernés et évalués. Les principales lacunes en matière d'information ont été cernées et évaluées. En raison des activités humaines dans le bassin, dans la région élargie et à l'échelle mondiale, un certain nombre de facteurs de stress ont été définis pour le lac :

- les émissions et les effluents des mines abandonnées et en activité, dont les mines d'or dans les environs de Yellowknife qui sont un facteur de stress important;
- les eaux de ruissellement diffuses et les rejets d'eaux usées provenant de la ville de Yellowknife;
- les rivières affluentes qui transportent des éléments nutritifs et des contaminants, la rivière des Esclaves représentant environ 80 % du débit total de ces rivières;
- le dépôt atmosphérique des éléments nutritifs et des contaminants de l'environnement, y compris les pesticides;
- la construction de barrages dans le bassin versant et les effets qui en résultent sur l'hydrologie, en particulier pour la rivière des Esclaves;
- la croissance de la population et l'augmentation du tourisme;
- les effets des changements climatiques, y compris la fréquence accrue des incendies de forêt;
- la présence de résidus de contaminants dans le système du lac provenant du transport atmosphérique à longue distance et des dépôts atmosphériques, ainsi que du transport fluvial;

- la pêche commerciale au filet maillant;
- la pêche de subsistance autochtone et non autochtone;
- la pêche sportive ou récréative.

Les lacunes et les recommandations comprenaient la nécessité de nouvelles études sur les pêches (en particulier sur les frayères et les aires de croissance), d'activités de surveillance de la qualité de l'eau, particulièrement des principaux contaminants, de modélisations, d'une analyse des changements climatiques (y compris les connaissances écologiques traditionnelles), d'évaluations de la biodiversité, de la documentation et de l'analyse des connaissances traditionnelles locales, et d'une analyse plus approfondie des effets de la construction de barrages (Environnement Canada, 2003).

Une bonne partie des recherches effectuées dans le cadre de l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord ont permis de recueillir des données sur les effets des effluents des usines de pâtes et papiers sur le milieu aquatique. Plusieurs autres études sur les poissons ou les invertébrés benthiques strictement associées aux usines de pâte situées en amont ont été réalisées dans le cadre de l'Initiative, mais comme elles ne portent pas sur l'étendue géographique élargie, elles n'ont pas été incluses. Bien qu'elles ne soient pas tout particulièrement abordées ici, ces études de recherche, ainsi que le Programme d'études de suivi des effets sur l'environnement (voir la section A3.1), fournissent des données de référence potentielles sur les communautés d'invertébrés en amont, qui pourraient s'avérer utiles pour l'analyse future des tendances chez les invertébrés de ces rivières.

B5 : DONNÉES HISTORIQUES SUR LA CHARGE DE SÉDIMENTS EN SUSPENSION RECUEILLIES PAR LA DIVISION DES RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

Comme nous l'avons indiqué à la section A1.2, la vitesse du courant de la rivière est déterminée pour estimer l'écoulement fluvial. Dans certaines jaugeages sélectionnées où l'écoulement variait, les hydrologues ont également prélevé des échantillons d'eau qui ont par la suite été analysés afin de déterminer la quantité de sédiments en suspension transportée par le cours d'eau en fonction des différentes conditions de débit. L'écoulement et la concentration des sédiments changent continuellement. L'un des facteurs clés est la quantité de matières potentiellement mobiles présente dans le lit ou sur les rives du cours d'eau. Comme les observations étaient peu fréquentes, déterminer la charge sédimentaire quotidienne était un exercice très subjectif. L'estimation des incertitudes variait en fonction des conditions de débit, mais des valeurs de 100 % ou plus peuvent être démontrées avec ces données historiques (McCulloch, Division des relevés hydrologiques du Canada, comm. pers.). Les figures 17 et 18 indiquent l'emplacement des sites de la Division des relevés hydrologiques du Canada qui ont servi à estimer les charges sédimentaires dans le passé.

Le programme de surveillance des sédiments a été résilié après l'examen du programme en 1993 (Pietroniro, Environnement Canada, comm. pers.). Les données du programme sont toujours disponibles et peuvent être téléchargées à partir du site Web de la Division des relevés hydrologiques du Canada.

B6 : ÉTUDES CIBLÉES DU GROUPE INTERMINISTÉRIEL DE RECHERCHE ET D'EXPLOITATION ÉNERGÉTIQUES

Par suite de la conclusion de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord, un projet de recherche a été proposé afin de mieux évaluer et prédire les répercussions possibles des activités pétrolières dans la région des sables bitumineux de l'Alberta, et faire la distinction entre ces répercussions et celles produites par les dépôts et les rejets d'hydrocarbures naturellement présents. Ce projet de recherche a été conçu de manière à tenir compte des recommandations en matière de sables bitumineux formulées dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières

du Nord. Le projet a été présenté à la section de la recherche et de l'exploitation des hydrocarbures, des sables bitumineux et du pétrole lourd du Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques en 1997 (Brua *et al.*, 2003).

Certains sous-volets de l'étude du Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques ont révélé que les principaux affluents du cours inférieur de la rivière Athabasca renfermaient des niveaux naturels importants d'hydrocarbures. Les niveaux observés dans le tronçon principal de la rivière et dans la région du delta en aval étaient beaucoup plus faibles, mais, comme dans le cas des affluents, les éléments de preuve disponibles (à ce moment-là) semblaient indiquer que ces matières étaient d'origine naturelle plutôt que le résultat d'activités industrielles dans la région des sables bitumineux. Les études ont fourni des preuves de la diminution de la densité et de la composition de la communauté de macro-invertébrés dans les échantillons prélevés sur le terrain exposés aux hydrocarbures d'origine naturelle, de la réduction des taux de survie et de croissance des macro-invertébrés dans les essais de toxicité effectués en laboratoire, ainsi que des effets sur certains indicateurs de reproduction des poissons. Dans l'ensemble, ces résultats laissaient supposer que des hydrocarbures étaient naturellement présents dans le cours inférieur de la rivière Athabasca, que ces substances avaient des répercussions légères à modérées sur le biote à l'échelle locale et qu'il n'existant aucune preuve concluante de la contribution importante de l'industrie locale aux niveaux d'hydrocarbures ou aux effets sur le biote. Les études réalisées par le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques ont joué un rôle important dans la conception et la mise en œuvre de programmes de surveillance locaux (p. ex. le programme RAMP) [Brua *et al.*, 2003].

Un des sous-éléments du programme de recherche du Groupe interministériel consistait à cerner et à caractériser les rejets d'hydrocarbures d'origine naturelle provenant des gisements de sables bitumineux dans la région des bassins versants du Nord (Conly *et al.*, 2002; Headley *et al.*, 2001). Ce projet avait pour objectif de mieux faire comprendre la distribution spatiale, la nature et l'étendue des rejets d'hydrocarbures d'origine naturelle dans l'environnement dans la région des sables bitumineux et de cerner les communautés biotiques les plus à risque. Les principaux objectifs de ce projet étaient de localiser les rejets naturels d'hydrocarbures et les sites de dépôt, de déterminer les concentrations des liquides non aqueux dans les régions de sables bitumineux qui se séparent en phase aqueuse et en phase résiduelle dans les fissures et les fluides interstitiels des sols argileux non saturés, et de quantifier la contribution des contaminants d'hydrocarbures qui provenaient de dépôts de sables bitumineux naturels et qui étaient rejetés dans les rivières du Nord. La distribution spatiale, la nature et l'étendue des rejets naturels d'hydrocarbures dans le milieu aquatique provenant des sources exposées des strates de sables bitumineux ont été étudiées. Les activités initiales visaient à évaluer les caractéristiques physiques fluviales du bassin du cours inférieur de la rivière Athabasca dans le contexte de la contribution des sédiments de sources naturelles provenant des sables bitumineux, en se basant sur un examen des données historiques sur les sédiments pour le cours inférieur de la rivière Athabasca et sur une évaluation de la stabilité du chenal à l'aide de photographies aériennes et d'études sur place. En plus d'évaluer les caractéristiques géomorphologiques fluviales du tronçon principal du cours inférieur de la rivière Athabasca, des efforts considérables ont également été mis sur un bon nombre d'affluents qui s'infiltrent dans les strates de sables bitumineux (Conly *et al.*, 2002).

Evans et ses collaborateurs (2002) ont étudié le devenir des sources d'hydrocarbures et les tendances temporelles dans la rivière Athabasca et ses affluents, ainsi que dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca, à l'aide de données d'échantillonnage recueillies dans le cadre du programme RAMP et par le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques. Les sédiments ont été analysés pour déceler la présence de HAP alkylés et d'un petit groupe d'alcanes. Des carottes de sédiments ont été prélevées dans les lacs Athabasca, Mamawi, Richardson, Namur et Beaverlodge. La concentration des composés de masse moléculaire inférieure tels que le naphtalène et le fluorène mesurée dans les sources en amont avait tendance à augmenter dans les zones de dépôt en aval. Peu ou pas d'indications des tendances temporelles de l'augmentation des concentrations de HAP dans les carottes de sédiments prélevées dans le lac Athabasca et les lacs du delta de la rivière Athabasca ont été

recueillies, ce qui donne à penser que l'exploitation des sables bitumineux a peu ou pas d'incidence dans cette zone. Certains HAP dépassaient les recommandations provisoires pour la qualité des sédiments et certains essais biologiques ont démontré la toxicité des HAP, en particulier dans le delta de la rivière Athabasca (Evans *et al.*, 2002).

B7 : AUTRES ÉTUDES HISTORIQUES CIBLÉES

B7.1 : Études ciblées sur la qualité de l'eau et des sédiments

Le ministère de l'Environnement de l'Alberta a réalisé 5 études sur la qualité de l'eau de janvier à mars 1988 et 1989. Il a comparé les données obtenues aux données d'études antérieures, examiné les effets des effluents, et vérifié la conformité avec les objectifs de qualité des eaux de surface de l'Alberta (ASWQO – Alberta Surface Water Quality Objectives) et les Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux. Les effluents rejetés à l'époque dans la rivière Athabasca provenaient des effluents de l'usine de pâte et des effluents municipaux de Hinton (effluents combinés de Hinton), de l'entreprise Millar Western Pulp Ltd. (seulement en 1989), des eaux usées municipales traitées de Whitecourt, d'Athabasca et de Fort McMurray ainsi que de l'effluent de traitement des sables bitumineux de la Suncor. Au cours de ces 2 années, les débits fluviaux mesurés dans le cadre des études représentaient environ 70 % du débit hivernal moyen, mais étaient supérieurs au débit le plus faible observé sur 10 ans. L'effet des effluents est généralement considéré comme étant le plus important en hiver en raison du faible débit et de la faible capacité de dilution de la rivière. Pendant l'hiver, l'eau du cours supérieur de la rivière Athabasca s'écoule des montagnes dans des conditions de débit de base, d'eau dure, alcaline et claire. À mesure que le débit entrant de l'affluent s'écoule vers l'aval, il a tendance à modifier la composition en ions majeurs de l'eau, et à augmenter la couleur et les concentrations de carbone organique, de fer et de manganèse. Les effluents des usines de pâte avaient des effets néfastes sur les concentrations d'oxygène dissous, de composés phénoliques, de composés organiques à l'état de traces, de phosphore et de manganèse ainsi que sur la couleur et l'odeur de l'eau de la rivière. Ces effets ont donné lieu à un non-respect des objectifs de qualité des eaux de surface de l'Alberta et des Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux en matière d'oxygène, de phénols, de couleur, d'odeur et de phosphore. La chaleur des effluents a fait en sorte de libérer des glaces les tronçons en aval de chaque usine. En outre, les effluents des usines de pâte ont fait augmenter les concentrations de sodium, de chlorure, de sulfate, de sulfure, de matières solides en suspension, de tanins et de lignines, de carbone organique, d'azote et de bactéries, et de zinc. Ces résultats correspondent aux résultats des évaluations des effluents combinés de Hinton et de l'usine de pâte kraft blanchie (réseau hydrographique des rivières Wapiti et Smoky) effectuées précédemment. Les effluents d'eaux usées municipales ont fait augmenter légèrement l'azote, le phosphore et les bactéries. Les effluents des sables bitumineux de la Suncor n'ont eu aucun effet perceptible sur la qualité de l'eau de la rivière. Les concentrations de calcium, de magnésium, de bicarbonate, de fluorure et de la plupart des métaux ainsi que l'alcalinité, la dureté et le pH de l'eau n'ont pas été touchés négativement par les rejets d'effluents (Noton et Shaw, 1989).

Avant 1988, la plupart des échantillons d'eau prélevés dans le réseau hydrographique de la rivière de la Paix provenaient de sites situés dans le tronçon principal de la rivière : Dunvegan, ville de Peace River, Fort Vermilion et Peace Point. Les données les plus complètes provenaient de l'ancienne station d'échantillonnage de la qualité de l'eau d'Environnement Canada, à Dunvegan. Un certain nombre d'autres sites le long du tronçon principal et des affluents ont été échantillonnés de façon intermittente par Environnement Canada dans les années 1960 et 1970. La plupart de ces données sont incluses dans la base de données sur la qualité de l'eau du ministère de l'Environnement de l'Alberta. En 1988, le ministère de l'Environnement de l'Alberta a entrepris une vaste étude sur le terrain pour recueillir des données sur la qualité de l'eau du réseau hydrographique de la rivière de la Paix en Alberta (Shaw *et al.*, 1990). Les sites du

tronçon principal étaient situés à des endroits clés qui offraient une couverture semi-uniforme le long de la rivière. Les objectifs de l'étude étaient les suivants :

- caractériser les tendances de la qualité de l'eau dans la rivière de la Paix sur plusieurs saisons et années, à partir de la frontière de la Colombie-Britannique jusqu'à la confluence avec la rivière des Esclaves, en délimitant les tronçons de la rivière à l'aide d'analyses à plusieurs variables;
- déterminer les facteurs qui ont une incidence sur la qualité de l'eau du tronçon principal, y compris des affluents et des effluents (source ponctuelle) et des eaux souterraines et des eaux de ruissellement diffuses (sources non ponctuelles);
- évaluer le mélange des eaux des rivières de la Paix et Smoky;
- décrire la composition de la communauté d'invertébrés benthiques;
- comparer la qualité de l'eau de la rivière aux objectifs de qualité des eaux de surface de l'Alberta et aux Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux.

Trois tronçons relativement homogènes de la rivière ont été définis : a) de la frontière à la rivière Smoky, b) de la rivière Smoky à Fort Vermilion et c) de Fort Vermilion à l'embouchure de la rivière. La valeur de la plupart des variables de la qualité de l'eau du deuxième tronçon (de la rivière Smoky à Fort Vermilion) augmentait graduellement le long du tronçon, ce qui était attribuable à l'apport de l'affluent, à l'usine de pâte et au puits de pétrole éruptif et abandonné sur la rivière de la Paix. La qualité de l'eau dans le troisième tronçon (de Fort Vermilion à l'embouchure de la rivière) était influencée par l'apport des affluents, mais plus fortement par la transformation des matériaux du lit (de gravier à sable et à limon). La composition de la communauté d'invertébrés a elle aussi changé d'un tronçon à l'autre. La communauté d'invertébrés du tronçon en amont était nombreuse et diversifiée, celle du tronçon du milieu était moins nombreuse, mais encore plus diversifiée et la communauté du tronçon en aval était moins nombreuse et moins diversifiée, ce qui peut être attribuable au fond de sable et de limon, qui est un substrat relativement inhospitalier pour les invertébrés. Le taux de plusieurs métaux, éléments nutritifs et résines phénoliques dépassaient parfois les recommandations pour la qualité de l'eau. En général, ces dépassements étaient associés à des augmentations des matières solides en suspension (Shaw *et al.*, 1990).

Les effets du premier puits de pétrole éruptif et abandonné de Peace River sur la qualité de l'eau du tronçon principal de la rivière de la Paix ont été évalués par le ministère de l'Environnement de l'Alberta en 1989 (ministère de l'Environnement de l'Alberta, 1989).

Les études de la qualité de l'eau de la rivière Athabasca et les activités de surveillance de la qualité de l'eau sur la rivière Athabasca ont considérablement augmenté après 1987. En effet, des relevés « synoptiques » hivernaux ont été effectués, de nouveaux sites de surveillance ont été définis, des compteurs d'oxygène en hiver ont été installés et des études appliquées ont été entreprises pour évaluer les effets ou obtenir des données aux fins de modélisation. En outre, l'Étude sur les bassins des rivières du Nord a été lancée pour examiner de plus près les réseaux hydrographiques des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves. Noton et Saffran (1995) ont présenté les résultats des activités de surveillance et des études de la qualité de l'eau menées sur la rivière Athabasca de 1990 à 1993. Les données recueillies avant 1990 étaient également incluses aux fins de comparaison. Les effets des effluents ont été quantifiés et comparés aux recommandations de l'Alberta pour la qualité des eaux de surface (ASWQG – Alberta Surface Water Quality Guidelines) et aux Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux. Des comparaisons ont également été effectuées avec d'autres études antérieures de la qualité de l'eau réalisées en 1988 et en 1989. Au moment de l'étude, les effluents de trois usines de pâte étaient rejetés directement dans la rivière Athabasca. Les autres effluents rejetés dans la rivière Athabasca comprenaient les eaux d'égouts urbains de Jasper, Whitecourt, Slave Lake, Athabasca et Fort McMurray, les eaux usées de l'entreprise Syncrude Canada Ltd. et les eaux usées provenant de l'exploitation des sables bitumineux par la Suncor Inc. Les rejets d'effluents des usines de pâte ont intensifié la couleur et l'odeur des eaux de la rivière, et fait augmenter les concentrations de phosphore et de composés phénoliques de manière à ce que celles-ci dépassent les recommandations de l'Alberta pour la qualité des eaux de surface et les

Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux. Les augmentations de la concentration de sodium, de chlorure, de sulfure, de manganèse, de carbone organique dissous, de tanins, de lignines, de composés organiques halogénés adsorbables, de chlorophénols et d'acides résiniques ainsi que de la demande biochimique en oxygène n'ont pas dépassé les recommandations pour la qualité de l'eau existantes. Les eaux d'égout et, dans une moindre mesure, les effluents des usines de pâte ont eu une incidence sur les concentrations d'ammoniac, d'azote total et de bactéries coliformes fécales, mais ces concentrations sont elles aussi demeurées dans les limites des recommandations. Les effluents des usines de pâte ont eu un effet modéré sur la température, le sulfate et, possiblement, l'oxygène dissous et le zinc. Des effets similaires des effluents ont été observés lors de relevés synoptiques hivernaux réalisés en 1988 et en 1989. Cependant, les derniers relevés indiquaient que les effets avaient diminué par rapport aux années précédentes, ce qui laissait supposer une amélioration de la qualité des effluents (Noton et Saffran, 1995).

La géochimie et la distribution des éléments traces présents dans les sédiments en suspension et le lit du delta de la rivière des Esclaves ont été étudiées par Stone et English (1998). Des échantillons de sédiments ont été prélevés dans des zones représentatives de la zone à l'extérieur du delta et des portions centrale et supérieure du delta. La composition géochimique des sédiments était le reflet de dépôts de matériaux relativement semblables partout dans le delta. La composition des éléments traces (Cu, Ni, Co, Cr, V, Pb et Zn) était plus variable et était liée aux différences dans la distribution de la taille des particules ainsi qu'à la source des sédiments et à leur rejet dans le delta. Les concentrations de métaux dans plusieurs échantillons dépassaient les concentrations avec effets graves des recommandations pour les sédiments aquatiques du ministère de l'Environnement de l'Ontario. Aucune recommandation pour les sédiments était en place pour les Territoires du Nord-Ouest. En raison du nombre limité d'échantillons, l'interprétation des données était qualitative. Il faudrait recueillir un plus grand nombre d'échantillons pour pouvoir tirer des conclusions statistiques concernant la variabilité spatiale et temporelle de la géochimie des sédiments dans le delta de la rivière des Esclaves (Stone et English, 1998).

En raison des préoccupations concernant une contamination éventuelle par les métaux provenant de la mine déclassée de Pine Point, les concentrations de métaux ont été mesurées dans l'eau (métaux dissous et sous forme particulaire) et dans les sédiments de surface de la baie Résolution, dans le Grand lac des Esclaves, à proximité de la collectivité de Fort Résolution. Cette étude de 1996 s'étendait de l'ouest du site de la mine déclassée de Pine Point jusqu'au côté est de la baie Résolution, et dans les rivières des Esclaves et de Little Buffalo. Des données limnologiques ont également été recueillies dans le but d'avoir un aperçu de la circulation et de la dilution de l'eau. Il a été déterminé que la rivière des Esclaves était une source enrichie en fer, en manganèse et, possiblement, en nickel, en sédiments en suspension, en matières particulières et en éléments nutritifs. Rien n'indiquait que l'eau de la zone d'étude était contaminée par la mine déclassée. Les sédiments de surface ont été échantillonnés aux mêmes sites d'échantillonnage de la colonne d'eau pour en déterminer la teneur en métaux. Les concentrations de métaux dans les sédiments étaient semblables à celles observées dans les sédiments en suspension de la rivière des Esclaves, et rien n'indiquait que les sédiments au large des côtes du site de la mine déclassée étaient contaminés. Par ailleurs, une carotte de sédiments a été prélevée dans une zone de dépôt à l'extérieur du site de la mine, puis analysée pour déceler la présence de métaux. Les sédiments dans la carotte dataient de la fin des années 1880 au début des années 1990, et rien n'indiquait que les concentrations de métaux avaient augmenté au cours de la période d'exploitation de la mine (Evans *et al.*, 1998a).

Milburn et ses collaborateurs (2000) ont réalisé une étude sur la composition chimique des sédiments dans la zone à l'extérieur du delta de la rivière des Esclaves et dans les portions centrale et supérieure du delta. La minéralogie et la composition en éléments majeurs étaient semblables à l'extérieur du delta et dans les portions centrale et supérieure du delta. Les concentrations de cuivre, de cadmium, de chrome, de plomb, d'arsenic et de mercure étaient considérablement plus élevées dans la portion centrale du delta. Les concentrations élevées de métaux dans cette section du delta étaient liées à des mesures de contrôle géomorphologiques

et hydrauliques, qui entraînaient le tri sélectif et l'affinage des sédiments dans les petits chenaux de la portion centrale du delta, là où la végétation abondante favorisait le piégeage des sédiments et le cycle des métaux. Les concentrations de mercure, de cadmium et d'arsenic dépassaient le seuil d'effets potentiels des Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments pour la protection de la vie aquatique (Milburn *et al.*, 2000).

Pavelsky et Smith (2009) ont fourni des données archivées, notamment du niveau des eaux et des paramètres de qualité de l'eau mesurés à certains sites dans tout le delta au cours des étés 2006 et 2007. Ces ensembles de données ont initialement été recueillis pour mieux comprendre les processus de recharge hydrologique dans les environnements de faible relief et pour fournir des mesures au sol afin de valider les observations par satellite des inondations et du transport des sédiments.

Les données relatives à la qualité de l'eau pour les rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves recueillies aux limites du parc national Wood Buffalo du mois d'août 1989 au mois de décembre 2006 ont été analysées par Glozier et ses collaborateurs (2009). Des résumés statistiques détaillés pour la période de relevé ont été fournis, et les tendances relatives à la composition chimique de l'eau dans les trois bassins versants ont été analysées, notamment en les comparant aux sources d'eau en amont. Certains paramètres associés à des recommandations nationales ou à des objectifs propres au site pour la protection de la vie aquatique ont été évalués en vue d'excursions, notamment les métaux, les ions majeurs et les éléments nutritifs. Des analyses de régression propres au site pour plusieurs paramètres avec des concentrations de sédiments en suspension mesurées au moyen de résidus non filtrables ont été fournies. Des analyses statistiques des tendances temporelles (saisonnères et annuelles) ont été réalisées pour 39 paramètres de la qualité de l'eau, et la relation entre ces paramètres et le débit fluvial, les périodes précises de l'année et la saison a été analysée. La composition chimique de l'eau aux 3 sites d'échantillonnage était généralement semblable, et les tendances d'un site à l'autre étaient apparentes pour de nombreux paramètres. C'est dans la rivière Athabasca, par rapport à la rivière de la Paix et à la rivière des Esclaves, que la concentration d'oxygène dissous était la plus basse, et que les concentrations des matières dissoutes totales et de la plupart des ions majeurs étaient les plus élevées. Dans ces rivières, l'augmentation des concentrations totales en métaux correspondait au débit de pointe et à la charge sédimentaire maximale. Pour tous les métaux, les intervalles de concentration se recoupaient entre les sites et, pour la plupart, les médianes étaient semblables. En ce qui concerne les paramètres physiques et les ions majeurs, la plupart des analyses des tendances temporelles ont révélé que les concentrations étaient stables au fil du temps. Certaines variations de la concentration des éléments nutritifs ont été notées, selon le site et le paramètre analysé. On n'a constaté que peu de changements pour le carbone au fil du temps. Les tendances relatives aux concentrations d'azote étaient semblables pour les rivières Athabasca et de la Paix; la plupart des formes dissoutes affichaient des concentrations à la hausse, tandis que pour la rivière des Esclaves, ces paramètres suivaient des tendances à la baisse, du moins au cours des dix dernières années. Aucune tendance significative des concentrations de phosphore n'a été décelée dans la rivière de la Paix, mais les concentrations de phosphore dissous et de phosphore total ont augmenté au cours de la période de relevés dans les rivières Athabasca et des Esclaves. Les augmentations de la concentration des éléments nutritifs observées étaient en grande partie attribuables aux augmentations pendant les mois d'hiver, dans des conditions de faible débit et de couverture de glace. Les résultats ont montré qu'au moins en partie, les tendances des concentrations dans la rivière Athabasca dépendaient des variations du régime de débit. L'augmentation des éléments nutritifs tout comme la diminution du débit fluvial semblaient être la plus grande préoccupation pour les tronçons d'étude des rivières Athabasca et des Esclaves ainsi que pour les écosystèmes aquatiques en aval. Les tendances à la hausse pour le phosphore ont entraîné une modification de l'état trophique (d'après la concentration de phosphore total) pour ces tronçons d'au moins un et, dans certains cas, de trois niveaux trophiques (Glozier *et al.*, 2009).

En 1987, le ministère de l'Environnement de l'Alberta a pris le relais de la surveillance exhaustive des rivières de l'Alberta (autres que les sites transfrontaliers), qui était auparavant assurée par Environnement Canada et qui est désormais appelée Programme à long terme de surveillance

du réseau des rivières. Les activités d'échantillonnage initiales sur la rivière Athabasca se limitaient à une seule station située à proximité de la ville d'Athabasca. En 1977, un deuxième site a été établi à Old Fort, à 200 kilomètres en aval de Fort McMurray. Deux autres sites du Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières, situés en amont de Hinton et de Fort McMurray, ont été intégrés au réseau en 1999 et en 2002, respectivement (voir la figure 2). L'échantillonnage mensuel à ces sites et sur une longue période permet d'obtenir des données de grande qualité pour l'évaluation statistique des tendances de certains paramètres. Ces données ont été analysées afin de donner un aperçu général de la qualité de l'eau de la rivière Athabasca sous forme de graphiques de statistiques sommaires et de séries chronologiques pour les 4 sites du Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières, et fournir une analyse approfondie des tendances statistiques des données à long terme recueillies aux stations de surveillance d'Athabasca et d'Old Fort. L'analyse des tendances monotones des données sur la qualité de l'eau a fait ressortir des tendances pour plusieurs variables aux sites d'Athabasca et d'Old Fort. On a découvert que le débit aux 2 sites diminuait depuis 1960. En même temps, la turbidité, un certain nombre d'éléments nutritifs et certains métaux affichaient des tendances à la hausse importantes à la station d'Old Fort (en aval). La turbidité relativement élevée, en lien avec des niveaux élevés d'éléments nutritifs et de métaux, est caractéristique du cours inférieur de la rivière Athabasca et de ses affluents; elle a entraîné des dépassements fréquents des recommandations pour la qualité de l'eau pour plusieurs variables. Des tendances à la hausse pour ces paramètres laissaient toutefois entendre qu'un autre facteur influençait la qualité de l'eau de la rivière. La réduction des débits et, par conséquent, la réduction de la capacité de dilution des effluents de sources ponctuelles peuvent être en partie en cause. Cependant, les perturbations d'origine anthropique dans le bassin versant peuvent également être un facteur (Hebgen, 2009).

B7.2 : Études ciblées sur la quantité d'eau

Il a été démontré que les effets de remous provoqués par les glaces sont la seule méthode d'inondation qui alimente en eau les bassins perchés du delta des rivières de la Paix et Athabasca. La fréquence de ce type de phénomènes a nettement diminué au milieu des années 1970. Afin d'étudier ce changement, diverses conditions hydrométéorologiques à l'origine de la gravité de la débâcle de la rivière ont été analysées. L'accent a été mis tout particulièrement sur les rôles de régularisation du débit (barrage Bennett) et de variabilité du climat. La régularisation du débit semblait avoir très peu modifié les facteurs tels que l'épaisseur et la force de la glace, et ne pas avoir réduit le débit au moment de la débâcle. De plus, la régularisation du débit a entraîné, au printemps, une augmentation du débit des eaux provenant de la région en amont. Depuis le milieu des années 1970, toutefois, le ruissellement printanier a diminué dans les parties du bassin en aval non touchées par la régularisation du débit. Cette diminution a été associée à une diminution de l'ampleur de l'enneigement annuel. Les niveaux élevés des glaces et les débits hivernaux résultant de la régularisation des eaux ont réduit encore plus le risque d'inondations graves causées par le ruissellement des affluents et la débâcle des glaces. Ainsi, l'absence d'événements importants de 1974 à 1992 semble être liée à l'effet combiné de la régularisation du débit et des caprices du climat (Prowse et Conly, 1998).

Beltaos (2003, 2007, 2008), Beltaos et ses collaborateurs (2006), et Beltaos et Carter (2009) se sont servis de modèles, de données recueillies sur le terrain et d'analyses de données archivées pour examiner les inondations provoquées par les embâcles dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca, et pour déterminer les paramètres requis (p. ex. les débits de seuil, l'ensoleillement au printemps), la fréquence potentielle selon différents scénarios climatiques, et les techniques de gestion et d'atténuation. La modélisation a indiqué qu'un débit entrant d'au moins $4\ 000\ m^3/s$ était nécessaire pour produire des inondations importantes du delta (Beltaos, 2003). Selon les modèles de variations climatiques, la saison des glaces pourrait être réduite de 2 à 4 semaines et les couvertures de glace futures seraient légèrement plus minces qu'à l'heure actuelle. Plus particulièrement, on pourrait s'attendre à ce qu'une grande partie du bassin de la rivière de la

Paix dégèle fréquemment et de façon soutenue au milieu de l'hiver, ce qui ferait fondre la neige accumulée et entraînerait une diminution importante de l'enneigement au printemps, et une réduction encore plus importante des inondations provoquées par les embâcles (Beltaos *et al.*, 2006). La quantification du comportement des embâcles se formant à l'occasion dans la partie centrale de la rivière de la Paix a révélé que les embâcles finissent par arriver dans le delta après des cassures et des arrêts répétés. Cela a été confirmé par des observations et des données de terrain (Beltaos, 2007). Une modélisation plus poussée de l'effet des conditions antérieures sur les embâcles dans le cours inférieur de la rivière de la Paix a indiqué que l'augmentation de l'épaisseur de la glace solide depuis les années 1960 pouvait être liée à des couvertures poreuses d'accumulations causées par des débits d'englacement plus importants en raison de la régularisation du débit (Beltaos, 2008). Il a été démontré que les profils de débâcles étaient fortement influencés par la très faible pente de la rivière, ce qui amplifie l'importance des vagues produites par les embâcles (Beltaos et Carter, 2009).

Une analyse de sensibilité de la rigueur de l'hiver a été effectuée à l'aide d'un modèle hydraulique et unidimensionnel de canal pour quatre scénarios climatiques (conditions climatiques faibles à violentes) et trois différentes conditions de débit (régime hydraulique faible, moyen et élevé) afin de mieux comprendre les interactions multiples entre la couverture de glace et le régime hydrodynamique de ce réseau complexe. La modélisation a montré qu'une atténuation de la rigueur de l'hiver réduisait le niveau des lacs et les débits fluviaux. Bien que l'effet soit relativement de courte durée dans les rivières, la baisse subséquente du niveau des lacs se fait sentir tout au long de l'été. Les débits fluviaux élevés prédisposaient à des conditions d'inversion du débit et l'eau entrait dans les lacs à l'exutoire de ces derniers si les niveaux d'eau des rivières alimentant le delta des rivières de la Paix et Athabasca augmentaient de façon considérable sur une courte période. Cet effet d'inversion du débit disparaissait au cours des hivers plus doux. Les résultats de la modélisation indiquaient que le fait de prolonger la saison de couverture de glace (hiver rigoureux) de 14 jours entraînait une augmentation du niveau d'eau des grands lacs du delta des rivières de la Paix et Athabasca pouvant atteindre 5 cm, alors que le fait de réduire cette saison de 28 jours abaissait les niveaux de près de 10 cm. La variation de la longueur de la saison de couverture de glace a entraîné des variations à court terme des niveaux de la rivière pouvant atteindre 1,5 m. Les simulations n'ont pas tenu compte des embâcles ni de l'effet de l'épaisseur de la glace sur les niveaux d'eau (Leconte *et al.*, 2006).

B7.3 : Études biologiques ciblées

Donald et Kooyman (1977a et 1977b) ont examiné les habitudes alimentaires, la croissance et les déplacements saisonniers de la laquaiche aux yeux d'or ainsi que la dynamique de la population dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca. Les larves de laquaiche aux yeux d'or se nourrissaient principalement de gros cladocères et de copépodes, de corixidés et d'insectes volants. Les sujets d'un an et les sujets plus âgés avaient des habitudes alimentaires semblables et bien que les corixidés fussent l'aliment le plus souvent retrouvé dans leur estomac, d'autres petits poissons et invertébrés aquatiques et terrestres s'y trouvaient aussi. Des différences saisonnières ainsi qu'annuelles dans les habitudes alimentaires des sujets adultes de laquaiche aux yeux d'or ont été observées, ce qui reflète probablement les variations saisonnières et annuelles de l'abondance des divers organismes proies (Donald et Kooyman, 1977a). La laquaiche aux yeux d'or a commencé à se déplacer vers la région du delta des rivières de la Paix et Athabasca en mars, mais elle n'est pas entrée dans les lacs du delta avant que la débâcle de la rivière de la Paix soit terminée (en mai). Les sujets adultes frayaient dans les lacs du delta principalement entre la mi-mai et la fin mai. Les sujets de laquaiche aux yeux d'or de tous les âges ont entamé leur migration à partir du delta en juillet. Toutes ces laquaiches aux yeux d'or ont passé l'hiver dans la rivière de la Paix, probablement dans les 150 à 250 km du cours inférieur. Dans le réseau des lacs Marnawi et Claire, c'est dans le lac Marnawi et le long des rives nord et ouest du lac Claire que les jeunes laquaiches aux yeux d'or de l'année étaient les plus nombreuses, mais l'abondance relative à ces endroits variait d'une année à l'autre. Des

jeunes de l'année ont été observés à moins de quelques centaines de mètres de la rive de ces lacs, ce qui est l'indication d'une répartition regroupée. L'abondance et le taux de croissance inhabituels de la classe d'âge au début des années 1970 ont été expliqués par la surpêche commerciale de cette population de 1948 à 1966 (Donald et Kooyman, 1977b).

Le doré jaune du lac Richardson a été étudié afin de décrire les caractéristiques biologiques du frai et estimer la contribution de la population reproductrice du lac Richardson à la pêche commerciale du lac Athabasca. Les déplacements des sujets adultes et des jeunes de l'année de doré jaune ont été étudiés à l'aide de marquages. Les niveaux d'eau et des données sur la qualité de l'eau du lac Richardson ont été consignés. Les étiquettes récupérées et des données sur la population de poissons ont été obtenues auprès des pêcheurs commerciaux du lac Athabasca. Le début de la migration du doré jaune semblait être lié à la période de disparition de la glace sur le lac Richardson, soit à la période où le lac était accessible. L'émigration a eu lieu peu de temps après la période de frai à la fin mai. L'éclosion des larves semble avoir eu lieu environ une semaine plus tard, et la migration des jeunes de l'année présents dans le lac Richardson a commencé à la fin juin et s'est poursuivie jusqu'à la fin juillet. Les données sur les prises commerciales dans le lac Athabasca ont indiqué que la population reproductrice du lac Richardson ne contribuait pas particulièrement à la population du lac Athabasca et que d'autres aires de frai (potentiellement le lac Claire, le lac Mamawi et la rive nord du lac Athabasca) pouvaient avoir été plus importantes. La population reproductrice du lac Richardson semblait ne pas être touchée par l'effet de la rivière de la Paix sur les niveaux d'eau du delta ni par les déversoirs sur les rivières Revillon Coupé et des Rochers (Summers, 1978).

Parmi une série d'études continues sur les pêches associées à un ouvrage de protection contre les glaces proposé pour la rivière Athabasca juste en amont de Fort McMurray, une de ces études, menée par McCart et ses collaborateurs (1982), portait sur le grand corégone du lac Athabasca qui migrait pour frayer dans la rivière Athabasca, juste en amont de Fort McMurray. Les poissons qui frayaient dans la rivière Athabasca ont été marqués, leurs œufs ont été échantillonnés et leurs populations estimées. Certaines données complémentaires sur la qualité de l'eau ont été recueillies. Des poissons ont également été capturés dans 15 zones d'échantillonnage du lac Athabasca. Une comparaison a été établie entre les poissons capturés au site de frai, en amont de Fort McMurray, et les poissons capturés à 2 sites du lac Athabasca afin de déterminer comment distinguer les populations migratrices des populations sédentaires. L'âge et la croissance, les infestations de parasites, plusieurs caractères numériques et une technique d'électrophorèse enzymatique étaient des critères permettant de faire la distinction entre les populations reproductrices des rivières et celles des lacs. Les populations reproductrices des rivières avaient tendance à être concentrées à l'extrême ouest du lac Athabasca, tandis que les populations reproductrices des lacs colonisaient surtout l'extrême est du lac; un mélange de ces deux populations colonisait les zones centrales du lac (McCart *et al.*, 1982).

Les données de marquage et de recapture ainsi que les taux de prise semblaient indiquer que la laquaiche aux yeux d'or avait migré de la rivière de la Paix au réseau des lacs Claire et Mamawi ou au lac Athabasca en empruntant la rivière des Rochers, la rivière Revillon Coupé et le chenal des Quatre Fourches au cours du printemps 1977. Les taux de prise étaient environ trois fois plus élevés dans les rivières des Rochers et Revillon Coupé que dans le chenal des Quatre Fourches au cours de la migration de printemps. Les laquaiches aux yeux d'or s'étaient accumulées en aval des déversoirs des rivières des Rochers et Revillon Coupé durant certaines périodes de l'échantillonnage de printemps. La comparaison des caractères numériques, de la structure d'âge, de la croissance et des déplacements des laquaiches aux yeux d'or capturés dans la rivière des Rochers, la rivière Revillon Coupé et le chenal des Quatre Fourches semble indiquer que les laquaiches aux yeux d'or qui avaient migré au printemps, en passant par ces trois rivières faisaient partie du même groupe. Les poissons marqués dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca se sont déplacés vers l'amont de la rivière de la Paix, jusqu'à Peace Point, et vers le sud de la rivière Athabasca, jusqu'à Fort MacKay. Les prises de jeunes laquaiches aux yeux d'or de l'année de presque tous les plans d'eau du delta échantillonnés semblaient indiquer que la laquaiche aux yeux d'or a frayé dans l'ensemble de la région. La répartition des jeunes

laquaiches aux yeux d'or de l'année et des autres espèces qui ont été capturées dans les chaluts semblait être liée à certains paramètres environnementaux (Kristensen, 1981; Kristensen et Summers, 1981).

Dans le cadre d'une étude sur l'eau et les sédiments de la baie Résolution, dans le Grand lac des Esclaves (Evans *et al.*, 1998a), les poissons provenant des rivières Little Buffalo et des Esclaves ont été examinés, et les concentrations de métaux et de metallothionein dans leurs muscles et leurs organes ont été comparées aux concentrations mesurées chez des poissons d'autres secteurs. Rien n'indiquait que les poissons de la région de la baie Résolution étaient contaminés par des métaux provenant de la mine déclassée de Pine Point (Evans *et al.*, 1998a). Une deuxième étude a été menée pour le compte de la municipalité de Fort Résolution dans le but d'examiner la présence de contaminants organochlorés et de métaux dans les tissus des poissons prédateurs de cette même région (Evans *et al.*, 1998b). Des échantillons de brochet, de doré jaune, de lotte et d'inconnu ont été analysés pour déceler la présence de contaminants. Les concentrations d'arsenic, de cadmium, de cuivre, de mercure, de plomb et de zinc étaient généralement faibles dans la plupart des poissons, mais, dans certains gros spécimens de brochet et de doré jaune, les concentrations de mercure atteignaient presque ou dépassaient les recommandations pour la consommation de Santé Canada établies à 0,2 µg/g pour les gens consommant fréquemment du poisson. Les concentrations de métaux dans les tissus des poissons de plusieurs études ont été comparées et ces concentrations étaient généralement semblables. Les polluants organiques persistants ont également été examinés dans les poissons de cette étude (Evans *et al.*, 1998b), mais les concentrations n'ont pu être comparées aux concentrations mesurées chez les poissons de l'étude de la rivière des Esclaves (Sanderson *et al.*, 1997) en raison des seuils de détection différents.

Au milieu des années 1990 et jusqu'au début des années 2000, les chercheurs ont déterminé que les concentrations élevées de mercure étaient courantes dans les poissons prédateurs de nombreux lacs du bassin du fleuve Mackenzie. Les concentrations élevées de mercure étaient fortement associées à l'âge relativement avancé des poissons prédateurs du bassin du fleuve Mackenzie; l'âge moyen variait entre 7,6 et 24,9 ans pour les 3 espèces. Par contre, aucun des touladis échantillonnés dans 8 lacs plus au sud, dans le nord de la Saskatchewan et de l'Alberta, ne présentait des concentrations moyennes de mercure supérieures à 0,5 Hg/g, et les poissons étaient également plus jeunes (âge moyen de 6 ans pour les 8 lacs). Bien que les concentrations de mercure chez les poissons du bassin du fleuve Mackenzie aient tendance à augmenter avec la longueur du poisson, son âge et son niveau trophique dans la chaîne alimentaire, la nature de ces relations variait selon le lac. La longueur moyenne était un bon outil de prédiction des concentrations moyennes de mercure chez les populations de dorés jaunes de l'ensemble des lacs de l'étude, mais pas pour le grand corégone, le touladi ni le brochet. L'âge était un bon outil de prédiction pour le touladi et le doré jaune. Les concentrations de mercure dans l'eau et les invertébrés étaient semblables à celles observées dans les régions plus au sud, où les concentrations de mercure ne sont pas élevées chez les poissons. Les concentrations de mercure avaient tendance à être plus élevées chez les poissons des lacs de petite taille par rapport aux poissons des lacs de grande taille, probablement en raison également des températures plus élevées de l'épilimnion en été, qui favorisent un taux net de méthylation plus élevé ainsi qu'une hausse des concentrations de mercure et de méthylmercure dans les eaux se déversant dans ces lacs, en provenance du bassin versant (Evans *et al.*, 2005).

L'effet des substances liées aux sables bitumineux naturellement présentes sur la fonction de reproduction des poissons a été évalué par Tetreault et ses collaborateurs (2003). La santé des chabots visqueux (*Cottus cognatus*) et des mulets perlés (*Semotilus marginatus*) recueillis dans les rivières Steepbank et Ells a été étudiée. Les paramètres d'évaluation comprenaient des indices gonadosomatiques, la fécondité et la production de stéroïdes gonadiques *in vitro*. L'incubation *in vitro* des gonades n'a permis d'obtenir que de faibles niveaux de production de stéroïdes à des sites situés le long de la rivière Steepbank dans le dépôt de sables bitumineux. L'activité de la 7-éthoxyrésorufine-O-déséthylase (activité EROD), un indicateur de l'exposition aux substances liées aux sables bitumineux, était deux fois plus importante au site où les composés étaient naturellement présents et jusqu'à dix fois plus importante au site adjacent aux

activités d'exploitation que l'activité EROD chez les poissons du site de référence. L'activité EROD était déclenchée trois fois plus souvent chez les poissons recueillis dans la rivière Ells par rapport aux poissons de référence, mais la diminution de la production de stéroïdes n'était pas significative. Aucune modification constante du développement des gonades n'a été observée chez les poissons provenant de sites situés dans le dépôt de sables bitumineux (Tetreault *et al.*, 2003).

En avril 2005, la Première Nation des Chipewyans d'Athabasca, avec l'appui de la Canadian Natural Resources Ltd., a donné en sous-traitance à Hatfield Consultants Ltd. l'évaluation de la santé des poissons de grande taille du lac Richardson (Jackfish) et de la rivière Old Fort, particulièrement en ce qui concernait leur salubrité pour la consommation humaine. L'étude a été mandatée pour évaluer les principales espèces de poisson identifiées par les membres de la Première Nation des Chipewyans d'Athabasca comme ressources utilisées pour assurer le maintien des modes de vie traditionnels. Ces ressources incluent les populations résidentes de poissons de la région, en particulier du lac Richardson (Jackfish), dans le delta de la rivière Athabasca, et de la région de la baie et de la rivière Old Fort, le long du lac Athabasca. Le grand corégone, le grand brochet et le doré jaune, mais également le touladi, l'ombre arctique et les meuniers continuent de soutenir les pêches actives de la Première Nation des Chipewyans d'Athabasca et représentent des ressources alimentaires, économiques et culturelles importantes. Les renseignements sur les pêches et sur le milieu aquatique associé à ces plans d'eau ont été regroupés à partir de la documentation existante, de sources de données et des connaissances écologiques traditionnelles de la Première Nation des Chipewyans d'Athabasca, qui ont été relevées lors d'une réunion avec les aînés de cette Première Nation, avant le début des activités de terrain, et lors de l'étude par des discussions régulières avec les représentants de la Première Nation des Chipewyans d'Athabasca. L'évaluation de la santé des poissons présents dans ces plans d'eau a été entreprise (Hatfield Consultants Ltd, 2006).

Le Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves a été créé en 1991 en collaboration avec le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest et des organismes du gouvernement fédéral. Un programme quinquennal a été réalisé dans le but d'examiner la qualité de l'eau, les sédiments en suspension et les poissons des eaux territoriales de la rivière des Esclaves et d'établir un ensemble de données de référence aux fins de comparaison pour les programmes de surveillance futurs. De plus, une évaluation de la population d'invertébrés benthiques a été entreprise. Le troisième objectif du programme était d'examiner les rapports isotopiques stables du carbone, du soufre et de l'azote dans les poissons de la rivière des Esclaves. L'étude sur les invertébrés benthiques a été réalisée en 1990 et en 1991. Elle a permis de conclure que l'abondance des invertébrés benthiques à de nombreux sites de la rivière des Esclaves étudiés était très faible et que les organismes comme les mollusques bivalves ou les gros oligochètes, qui avaient déjà été utilisés dans d'autres études de biosurveillance, étaient rares ou absents. Plus de 90 % des invertébrés échantillonnés dans la rivière des Esclaves étaient des chironomidés ou de petits oligochètes. Les comparaisons effectuées entre les différentes communautés d'invertébrés benthiques du delta de la rivière des Esclaves ont révélé que peu de changements s'étaient produits dans la composition ou la diversité (en pourcentage) sur une période de 10 ans. L'étude sur les invertébrés benthiques a permis d'établir une base de données de référence pour l'analyse des populations futures. L'analyse du rapport isotopique stable du soufre chez les poissons de la rivière des Esclaves a indiqué qu'il existait au moins 2 sources importantes de nourriture. Une source provenait probablement du Grand lac des Esclaves, tandis que l'autre provenait sans doute du secteur en amont de Fort Smith. De plus, l'analyse des isotopes stables du carbone a indiqué que les sources de nourriture étaient variées et pourraient avoir été d'origine benthique et pélagique. Les charges corporelles globales en contaminants étaient généralement très faibles ou en deçà du seuil de détection analytique (McCarthy *et al.*, 1997).

C : TRAVAUX SUPPLÉMENTAIRES

- De plus amples recherches dans les documents historiques, y compris les anciens et nouveaux programmes de surveillance du poisson du ministère de l'Environnement de l'Alberta pourraient être utiles.
- Pêches et Océans Canada peut également être en mesure de fournir des détails sur les anciens et nouveaux programmes de surveillance du poisson.
- Il serait utile d'obtenir des données sur les rejets d'effluents autorisés dans l'étendue géographique élargie au nord du 60° parallèle.
- Il faudrait de plus entreprendre des recherches supplémentaires pour les rapports et les documents sur les invertébrés benthiques, en particulier dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca et dans la rivière des Esclaves.

D : ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES IMPORTANTES

D1 : CUMULATIVE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ASSOCIATION (CEMA)

En 1998, le ministère de l'Environnement de l'Alberta a supervisé, conjointement avec des intervenants régionaux et d'autres organismes de réglementation, la création de la Stratégie régionale de développement durable pour la région des sables bitumineux de l'Athabasca en vue d'augmenter l'exploitation des sables bitumineux. La Stratégie a permis de cerner et de classer par ordre de priorité 72 enjeux environnementaux dans la région des sables bitumineux qui devraient faire l'objet d'études à la lumière de la croissance prévue. En raison de la diversité des valeurs et des intérêts environnementaux dans la région, il était nécessaire d'organiser un forum multilatéral pour fixer des objectifs en matière de gestion de l'environnement pour la région. La Cumulative Environmental Management Association a été créée en partenariat avec les ministères de l'Environnement et du Développement durable des ressources de l'Alberta, puis mandatée pour s'attaquer aux 37 enjeux soulevés dans le cadre de la Stratégie régionale de développement durable. L'Association devait alors faire des recommandations aux organismes de réglementation concernant la gestion des effets cumulatifs éventuels sur l'environnement, en utilisant un éventail d'outils de gestion de l'environnement, comme les limites et les seuils environnementaux (site Web de la Cumulative Environmental Management Association)².

Les objectifs de la Cumulative Environmental Management Association sont les suivants :

- Recommander des cadres de gestion, des pratiques exemplaires et des stratégies de mise en œuvre qui tiennent compte des effets cumulatifs sur l'air, les terres, l'eau et la biodiversité afin de protéger, conserver et restaurer l'environnement, et protéger la santé humaine.
- Effectuer un suivi auprès des membres sur l'état d'avancement de l'application des cadres de gestion, des meilleures pratiques et des stratégies de mise en œuvre.
- Promouvoir activement le dialogue inclusif et l'échange de renseignements en :
 - encourageant les organismes touchés par les activités de la région à s'impliquer dans la Cumulative Environmental Management Association;
 - offrant un forum propice à la participation des Autochtones;
 - communiquant l'orientation, les activités et les résultats de la Cumulative Environmental Management Association aux intervenants à l'interne et à l'externe;
 - communiquant avec la direction des organisations d'intervenants;
 - réagissant aux problèmes soulevés par les membres;

² Note de la rédaction : La bibliothèque de la Cumulative Environmental Management Association a été ouverte au public juste après la rédaction du présent document et constitue une source précieuse de renseignements concernant les projets et le financement de l'Association.

- aidant les membres à se donner la capacité de contribuer de manière significative au travail de la Cumulative Environmental Management Association.
- Harmoniser les cadres de gestion, les meilleures pratiques et les stratégies de mise en œuvre de la Cumulative Environmental Management Association avec les priorités du gouvernement.
- Collaborer avec d'autres organisations et groupes multipartites environnementaux régionaux pour coordonner les travaux de la Cumulative Environmental Management Association et élaborer des cadres de gestion, des pratiques exemplaires et des stratégies de mise en œuvre (site Web de la Cumulative Environmental Management Association).

La Cumulative Environmental Management Association comprend cinq groupes de travail principaux : l'air, la remise en état, les eaux souterraines, les eaux de surface et les écosystèmes durables. Chaque groupe de travail peut être divisé en un ou plusieurs groupes de travail. Par exemple, le groupe de travail sur les eaux de surface est composé du groupe de base et d'un groupe de travail, soit le groupe technique de surveillance (site Web de la Cumulative Environmental Management Association).

Les projets du groupe technique de surveillance comprennent le suivi de la situation et des tendances, et les lacunes en matière de connaissances. Des quatorze projets, cinq devaient être lancés en 2011. Le programme sur les poissons proposait de capturer des poissons à certains sites le long du cours inférieur de la rivière Athabasca et de répéter l'exercice chaque année. En incluant un échantillonnage des tissus aux fins d'analyse, on assurerait ainsi une couverture approfondie de la rivière. Le programme est adapté à partir de programmes déjà mis en pratique le long d'autres grandes rivières au Canada et aux États-Unis (rivière de la Paix et fleuves Columbia et Colorado).

Les projets d'écologie hivernale portent sur les préoccupations liées aux périodes de faible débit et aux conditions limites qui se produisent dans les chenaux en raison des conditions de glace, avec une attention particulière aux niveaux d'oxygène dissous qui peuvent devenir mortels à cette période sous la glace alors que l'écoulement est faible ou inexistant (site Web de la Cumulative Environmental Management Association).

Activités de suivi de la situation et des tendances de la Cumulative Environmental Management Association :

- Situation et tendances de la population de poissons;
- Évaluation et compte rendu des prélèvements d'eau;
- Installation d'une jauge fonctionnelle l'hiver à proximité de la jonction avec la rivière Firebag;
- Amélioration de la précision et de la rapidité des activités de surveillance du débit hivernal à Fort McMurray;
- Analyses et modélisation des tendances hydroclimatiques.

Lacunes dans les connaissances :

- Validation des critères d'évaluation du doré jaune;
- Castors et rats musqués dans le delta;
- Zones riveraines dans le delta;
- Écologie hivernale dans le delta – modélisation hydraulique, mésohabitat, oxygène dissous;
- Navigation dans le tronçon principal des rivières et dans le delta;
- Oxygène dissous dans les segments de rivière 2 à 5;
- Accès aux affluents;
- Bassins perchés dans le delta;
- Connectivité du lac Richardson pendant la saison des eaux libres (site Web de la Cumulative Environmental Management Association; Jeff Shatford, parc national Wood Buffalo, comm. pers.).

D2 : PROGRAMME DE SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE DU DELTA DES RIVIÈRES DE LA PAIX ET ATHABASCA

Le delta des rivières de la Paix et Athabasca, l'un des plus grands deltas d'eau douce au monde, est situé à l'extrême ouest du lac Athabasca, où les rivières de la Paix, Athabasca et Birch convergent. Le delta offre certains des plus importants habitats de reproduction et de rassemblement de la sauvagine en Amérique du Nord, il constitue un site de frai important pour les poissons qui migrent entre les lacs et les principales rivières du delta, il offre un habitat pour le plus grand troupeau menacé de bisons des bois en liberté, et il assure la subsistance de l'orignal, du rat musqué et d'autres espèces importantes pour la population locale, qui chasse, tend des pièges et pêche dans le delta depuis des siècles. Le delta est reconnu comme une zone humide RAMSAR d'importance internationale. Toutefois, il est également vulnérable aux répercussions du développement industriel croissant dans le bassin versant des rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves, y compris les aménagements hydroélectriques, les prélèvements d'eau, la prospection et la production pétrolières et gazières, l'agriculture, la foresterie et la production de pâtes et papiers. Les changements climatiques ont également des répercussions sur l'hydrologie du delta et ces répercussions devraient augmenter à l'avenir. Afin de mieux comprendre la façon dont le delta des rivières de la Paix et Athabasca peut être influencé par le développement industriel régional et les changements climatiques, il est nécessaire de mettre en place un programme complet de surveillance écologique. L'objectif de ce programme à long terme sera de mesurer, d'évaluer et de déterminer l'intégrité écologique du delta, et de produire des rapports dans le cadre d'une intendance environnementale efficace. Le programme sera élaboré et mis en œuvre par des partenaires autochtones, les gouvernements provinciaux et territoriaux, et le gouvernement fédéral, il sera fondé sur le travail des programmes coopératifs précédents tels que l'Étude sur les bassins des rivières du Nord, les études techniques du delta des rivières de la Paix et Athabasca, et l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord, et il viendra compléter (plutôt que reproduire) les activités de surveillance régionales existantes, dont les programmes de surveillance des communautés autochtones. La conception, l'élaboration et la mise en œuvre du programme seront caractérisées par l'intégration des connaissances écologiques traditionnelles à la science « occidentale ». Le programme permettra d'informer les collectivités locales et les gouvernements en produisant des données accessibles au public ainsi que des rapports réguliers sur l'« état du delta des rivières de la Paix et Athabasca » (Programme de surveillance écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca, 2009).

Membres du Programme de surveillance écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca :

- Première Nation crie Mikisew
- Première Nation de Salt River
- Première Nation de Smith's Landing
- Première Nation des Cris de Little Red River
- Première Nation Katl'odeeche
- Première Nation Deninu'Kue
- Association des Métis de Fort Chipewyan
- Association des Métis de Fort Smith
- Association des Métis de Fort Resolution
- Association des Métis de Hay River
- Parcs Canada – Parc national du Canada Wood Buffalo
- Environnement Canada
- Pêches et Océans Canada
- Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (T.N.-O.)
- Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest – Ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles
- Ministère de l'Environnement et du Développement durable des ressources de l'Alberta
- Canards Illimités Canada

- Fonds mondial pour la nature

Le mandat du Programme de surveillance écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca est de déterminer, de mesurer, d'évaluer et de communiquer l'état de l'écosystème du delta des rivières de la Paix et Athabasca, y compris tout changement de l'écosystème qui découle des projets cumulatifs d'aménagement régional, puis de faire des recommandations au gouvernement en ce qui concerne les modifications nécessaires à apporter aux règlements, aux politiques et aux pratiques de gestion de l'eau pour restaurer, protéger et préserver l'intégrité écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca (Programme de surveillance écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca, 2009).

Les objectifs du Programme sont les suivants :

- Décider quels éléments et processus clés peuvent et devraient être surveillés afin de caractériser l'intégrité écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca, et fixer des objectifs clairs et mesurables pour tous les éléments qui seront surveillés;
- Regrouper les données existantes et recueillir des données supplémentaires pour caractériser la variabilité au sein du delta des rivières de la Paix et Athabasca;
- Concevoir et entreprendre des activités de surveillance et d'évaluation qui sont fondées tant sur les connaissances écologiques traditionnelles que sur les études scientifiques occidentales;
- Cerner les menaces potentielles pour l'intégrité écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca, et suivre de près l'environnement du delta des rivières de la Paix et Athabasca pour détecter et évaluer les effets cumulatifs et les tendances régionales;
- Recueillir des données pour avoir une base de comparaison pour évaluer les prévisions et, au besoin, proposer des mesures d'atténuation;
- Décider quelles études et recherches (connaissances écologiques traditionnelles et études scientifiques occidentales) il est nécessaire d'entreprendre pour renforcer le programme;
- Informer les membres du programme, les collectivités locales et le grand public des activités de surveillance et d'évaluation ainsi que des résultats du programme, notamment en produisant des rapports sur l'« état du delta des rivières de la Paix et Athabasca »;
- Coordonner la communication entre les autres groupes et organismes de surveillance pour assurer l'échange des données, des rapports et des méthodes, au besoin;
- Chaque année, examiner et ajuster le programme en y intégrant les résultats de surveillance, les progrès technologiques et les préoccupations de la collectivité;
- Procéder périodiquement à une évaluation par les pairs (conjointement avec la production de rapports sur l'état du delta) des objectifs du programme en fonction de ses résultats, et recommander d'apporter les ajustements nécessaires pour la réussite du programme (Programme de surveillance écologique du delta des rivières de la Paix et Athabasca, 2009).

D3 : PARTENARIAT RIVIÈRE DES ESCLAVES ET DELTA DE LA RIVIÈRE DES ESCLAVES

Les collectivités vivant le long de la rivière des Esclaves et du delta de la rivière des Esclaves sont préoccupées par les changements apportés à l'environnement. Il existe plusieurs sources potentielles de changements environnementaux à la rivière des Esclaves et au delta de la rivière des Esclaves. L'aménagement d'une centrale hydroélectrique a eu des répercussions sur la quantité d'eau et de sédiments. Le bassin versant de la rivière des Esclaves a été touché dans le passé par le transport d'uranium et d'hydrocarbures. Des préoccupations ont été soulevées quant aux effets de l'exploitation des sables bitumineux en amont.

En 2010, le partenariat rivière des Esclaves et delta de la rivière des Esclaves a été formé afin d'appuyer et de coordonner la participation de la collectivité aux mesures de surveillance aquatique le long de la rivière des Esclaves et du delta de la rivière des Esclaves. Ce partenariat

encourage la mise en œuvre d'éléments clés de réussite proposés dans le cadre de la stratégie *Northern Voices, Northern Waters: NWT Water Stewardship Strategy*, laquelle a été créée en se basant sur les commentaires de l'ensemble des partenaires de l'eau des Territoires du Nord-Ouest. La stratégie est fondée sur une base de connaissances scientifiques occidentales, traditionnelles et locales. Le partenariat de la rivière des Esclaves comprend les collectivités de Fort Smith, de Fort Resolution et de Salt River, la Première Nation de Smith's Landing, la Première Nation Deninu K'ue, la Nation des Métis des Territoires du Nord-Ouest, les conseils de bande des Métis de Fort Smith et de Fort Resolution, le ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles des Territoires du Nord-Ouest, le ministère des Affaires municipales et communautaires des Territoires du Nord-Ouest, Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, Pêches et Océans Canada, Parcs Canada, Environnement Canada, l'Institut de recherche Aurora, le Collège Aurora, des organisations environnementales non gouvernementales, et des universitaires de l'Université Wilfrid Laurier et de l'Université de Waterloo.

Le partenariat a présenté plusieurs demandes de financement afin de produire un « rapport sur l'état de la rivière des Esclaves et du delta de la rivière des Esclaves » et une « évaluation des lacunes et de la vulnérabilité » dans le but de classer par ordre de priorité les initiatives de surveillance communautaires. Le partenariat mettra l'accent entre autres sur la qualité de l'eau et la santé des poissons. Les renseignements qui seront recueillis dans le cadre de ce projet éclaireront les activités de recherche et de surveillance liées aux mandats légaux obtenus.

Une autre initiative prise récemment en vertu du partenariat est la participation à une étude à l'échelle régionale (rivières des Esclaves et Athabasca) sur la santé des poissons. Dans le cadre d'« activités de pêche communautaires », des membres de la collectivité procèdent à l'échantillonnage de poissons dans la rivière des Esclaves, près de Fort Resolution et Fort Smith (Territoires du Nord-Ouest), et dans la rivière Athabasca, près des collectivités de Fort Chipewyan, Fort McKay et Fort McMurray (Alberta). Des chercheurs de l'Université de la Saskatchewan et de Pêches et Océans Canada préleveront des échantillons pour évaluer la santé des poissons (y compris l'expression génétique et l'histologie), et estimer les concentrations de métaux et de contaminants organiques. Les résultats des analyses des échantillons seront présentés aux collectivités. Le financement est offert aux chercheurs de l'Université de la Saskatchewan par la Pew Charitable Trust (fiducie caritative) et la Boreal Songbird Initiative. Les chercheurs de l'Université du Manitoba travailleront avec les organisations autochtones pour amasser des connaissances traditionnelles et locales sur la santé de l'écosystème aquatique, directement liées aux poissons et à la qualité de l'eau (Erin Kelly, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, comm. pers., au nom du partenariat rivière des Esclaves et delta de la rivière des Esclaves).

OUVRAGES CITÉS

Affaires indiennes et du Nord Canada [Affaires autochtones et Développement du Nord Canada].
Données sur l'évaluation de l'enneigement [en ligne]. Accès : <http://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1100100027479/1100100027483>

Aitken, B., Sapach, R. 1994. Hydraulic Modelling of Peace-Athabasca Delta under Modified and Natural Flow Conditions. NRBS Project Report No. 43. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Akena, A.M. 1980. Water Quality of the Athabasca Oil Sands Area. Volume 1 : Data Collection and Quality. Préparé par la Pollution Control Division du ministère de l'Environnement de l'Alberta pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Project WS 1.2.1. 100 p.

Akena, A.M., Christian, L.L. 1981. Water Quality of the Athabasca Oil Sands Area. Volume IV: an Interim Compilation of non-AOSERP Water Quality Data. Préparé par le ministère de l'Environnement de l'Alberta pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report L74. 242 p.

Alberta Environment Approval Viewer [en ligne]. Accès : <http://environment.alberta.ca/01519.html> [consulté le 14 juillet 2011].

Alberta. Ministère de l'Environnement. 1989. Peace River Oils # 1 Study. Environmental Assessment Division, ministère de l'Environnement de l'Alberta. 105 p.

Alberta. Ministère de l'Environnement. 2011. Lower Athabasca Region. Surface Water Quality Management Framework (ébauche). Ministère de l'Environnement de l'Alberta. 39 p. Accès : http://environment.alberta.ca/documents/LAR_SWMF_Mar_31_Final_Draft.pdf [consulté le 12 juillet 2011].

Alberta. Ministère de l'Environnement. Plains Snow Course Data and Historical Rankings. Accès : <http://www.environment.alberta.ca/forecasting/data/snow/apr2011/plainsscdatarank.html>

Alberta Environmental Monitoring Panel. 2011. A World Class Environmental Monitoring, Evaluation and Reporting System for Alberta: The Report of the Alberta Environmental Monitoring Panel, juin 2011. Accès : <http://environment.alberta.ca/03289.html>

Alberta. Ministère de l'Environnement. Surface Water Quality Data [en ligne]. Accès : <http://environment.alberta.ca/01288.html>

Alberta. Ministère de l'Environnement. Surface Water Quality Program [en ligne]. Accès : <http://environment.alberta.ca/01256.html>

Allan, R., Jackson, T. 1978. Heavy Metals in Bottom Sediments of the Mainstem Athabasca River System in the AOSERP Study area. Préparé par l'Institut des eaux douces de Pêches et Environnement Canada pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report 34. 72 p.

Andres, D.D. 1996. The Effects of Flow Regulation Freeze-up Regime, Peace River, Taylor to the Slave River. NRBS Project Report No. 122. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Andrishak, R., Hicks, F. 2011. Ice effects on flow distributions within the Athabasca Delta, Canada [en ligne]. *River Research and Applications*. 27:n/a. doi:10.1002/rra.1414. Accès : http://staff.civil.ualberta.ca/water/FEHicks/Papers/Andrishak_Hicks_RRA_2010.pdf [consulté en juin 2011].

Balagus, P., de Vries, A., Green, J.E. 1993. Collection of Fish from the Traditional Winter Fishery on the Peace-Athabasca Delta, February, 1993. NRBS Project Report No. 20. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Barton, D.R., Wallace, R.R. 1980. Ecological Studies of the Aquatic Invertebrates of the Alberta Oil Sands Environmental Research Program Study Area of Northeastern Alberta. Préparé par l'Institut des eaux douces de Pêches et Environnement Canada pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report 88. 216 p.

Beltaos, S. 1979. Mixing Characteristics of the Athabasca River below Fort McMurray – Winter Conditions. Préparé par la Transportation and Surface Water Engineering Division de l'Alberta Research Council pour le compte du Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report No. 40. 110 p.

Beltaos, S. 2003. Numerical modelling of ice-jam flooding on the Peace-Athabasca Delta. *Hydrological Processes* 17(18):3685-3702.

Beltaos, S. 2007. The role of waves in ice-jam flooding of the Peace-Athabasca Delta. *Hydrological Processes* 21(19):2548-2559.

Beltaos, S. 2008. Hydro-climatic impacts on the ice cover of the lower Peace River. *Hydrological Processes* 22(17):3252-3263.

Beltaos, S., Carter, T. 2009. Field studies of ice breakup and jamming in lower Peace River, Canada. *Cold Regions Science and Technology* 56(2-3):102-114.

Beltaos, S., Prowse, T.D., Carter, T. 2006. Ice regime of the lower Peace River and ice-jam flooding of the Peace-Athabasca Delta. *Hydrological Processes* 20(19):4009-4029.

Boag, T.D., D.A. Westworth and Associates Ltd. 1993. A General Fish and Riverine Habitat Inventory, Peace and Slave Rivers, April to June, 1992. NRBS Project Report No. 9. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Bond, W.A. 1980. Fishery Resources of the Athabasca River Downstream of Fort McMurray: Volume 1. Préparé par l'Institut des eaux douces de Pêches et Environnement Canada pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report No. 89. 81 p.

Bourbonniere, R.A., Telford, S.L., Kemper, J.B. 1996a. Depositional History of Sediments in Legend and Weekes Lakes: Geochronology and Bulk Parameters. NRBS Project Report No. 71. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Bourbonniere, R.A., Telford, S.L., Kemper, J.B. 1996b. Depositional History of Sediments in Lake Athabasca: Geochronology, Bulk Parameters, Contaminants and Biogeochemical Markers. NRBS Project Report No. 72. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Brownlee, B.G., Telford, S.L., Crosley, R.W., Noton, L.R. 1997. Distribution of Organic Contaminants in Bottom Sediments, Peace and Athabasca River Basins, 1988 to 1992. NRBS Project Report No. 134. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Brua, R.B., Cash, K.J., Culp, J.M. 2003. Assessment of Natural and Anthropogenic Impacts of Oil Sands Contaminants Within the Northern River Basins – Final Summary Report – Task 5: Hydrocarbons/oil sands and heavy oil research and development. Soumis au Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques. Reproduit avec permission, In: Environnement Canada, Initiative des écosystèmes des rivières du Nord : Collective Findings [CD-ROM]. Document établi par Conly, F.M. Saskatoon (Sask.), 2004. (avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta).

Burt, T.P. 1994. Long-term study of the natural environment – perceptive science or mindless monitoring? *Progress in Physical Geography* 18:475-496.

Burt, T.P., Howden, N.J.K., Worrall, F., Whelan, M.J. 2008. Importance of long-term monitoring for detecting environmental change: lessons from a lowland river in south east England. *Biogeosciences* 5:1529-1535.

Carey, J.H., Cordeiro, O.T.R., Brownlee, B.G. 1997. Distribution of Contaminants in the Water, Sediment and Biota in the Peace, Athabasca and Slave River Basins: Present Levels and Predicted Future Trends. NRBS Synthesis Report No. 3. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Carson, M.A., Hudson, H.R. 1997. Sediment Dynamics and Implications for the Sediment-Associated Contaminants in the Peace, Athabasca and Slave River Basins. NRBS Project Report No. 133. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Cash, K.J., Ouellett, M.S.J., Wrona, F.J., Wagner, G. 1996. An Assessment of the Utility of Benthic Macroinvertebrate and Fish Community Structure in Biomonitoring, Peace, Athabasca and Slave River Basins. NRBS Project Report No. 123. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

[CEMA] Site Web de la Cumulative Environmental Management Association [en ligne]. Accès : <http://cemaonline.ca> [consulté le 4 juin 2011].

Chambers, E.J. 1914. The Unexploited West: a Compilation of All of the Authentic Information Available at the Present Time as to the Natural Resources of the Unexploited Regions of Northern Canada. Ottawa (Ont.) : J. de L. Tache. Accès : <http://www.archive.org/stream/westunexploited00chamrich#page/n7/mode/2up> [consulté en juin 2011].

Choles, J., Aitken, W., DeBoer, A. 1996. An Overview of Streamflows and Lake Levels for the Peace, Athabasca and Slave River Basins. NRBS Technical Report No. 146. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Church, M., Xu, J., Moy, A., Uunila, L. 1997. Changes in Morphology and Riparian Vegetation Following Flow Regulation, Peace River, 1968 and 1993. NRBS Project Report No. 102. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Colombie-Britannique. Ministère de l'Environnement. Environmental Protection Division [en ligne]. Accès : http://www.env.gov.bc.ca/epd/wamr/ems_internet/.index.html [consulté le 27 juin 2011].

Comité d'aménagement du delta des rivières de la Paix et Athabasca. 1987. Peace-Athabasca Delta Implementation Final Report: Peace-Athabasca Delta water management works evaluation. Gouvernements de la Saskatchewan, de l'Alberta et du Canada. 63 p.

Conly, F.M., Headley, J.V., Crosley, R.W. 2002. Characterizing the sediment sources and natural hydrocarbon inputs in the lower Athabasca River, Canada. *Journal of Environmental Engineering and Science* 1:187-199.

Corkum, L. 1985. Water Quality of the Athabasca Oil Sands Area: a Regional Study. Préparé par la Water Quality Control Branch du ministère de l'Environnement de l'Alberta pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report L-85.

Crosley, R.W. 1996. Environmental Contaminants in Bottom Sediments, Peace and Athabasca River Basins, October, 1994 and May, 1995. NRBS Project Report No. 106. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Crowther, R.A., Lade, B.J. 1980. An Assessment of Benthic Secondary Production in the Muskeg River of Northeastern Alberta. Préparé pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Project Report WS 1.3.5.

Culp, J.M., Glozier, N.E., Meding, M., Wassenaar, L.I., Wrona, F.J., Koehler, G., Halliwell, D. 2004. Dissolved Oxygen Relationships of Water Column and Pore Water Habitat: Implications for Guideline Improvements. In: Environnement Canada, Initiative des écosystèmes des rivières du Nord : Collective Findings [CD-ROM]. Document établi par Conly, F.M. Saskatoon (Sask.), 2004. (avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta).

Dillon, P., Dixon, G., Driscoll, C., Giesy, J., Hurlbert, S., Nriagu, J. 2011. Evaluation of Four Reports on Contamination of the Athabasca River System by Oil Sands Operations. Préparé pour le gouvernement de l'Alberta par le Comité d'examen sur les données de surveillance des eaux de l'Alberta. 44 p. Accès : <http://environment.alberta.ca/documents/WMDRC - Final Report March 7 2011.pdf> [consulté le 14 juillet 2011].

Dobson, E., Day, K., Reynoldson, T.B. 1996. Ecotoxicology of Suspended and Bottom Sediments, Athabasca, Smoky and Peace Rivers, June, 1995. NRBS Project Report No. 135. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Donahue, W.E. 2011. Replacing the Oil Sands' Regional Aquatic Monitoring Program (RAMP) with Effective Environmental Monitoring Solutions. Water Matters. 43 p. Accès : www.water-matters.org

Donald, D.B., Kooyman, A.H. 1977a. Food, feeding habits and growth of goldeye, *Hiodon alosoides* (Rafinesque), in waters of the Peace-Athabasca Delta. *Canadian Journal of Zoology* 55:1038-1047.

Donald, D.B., Kooyman, A.H. 1977b. Migration and Population Dynamics of the Peace-Athabasca Delta Goldeye Population. Publication hors série numéro 31, Service canadien de la faune. 21 p.

Donald, D.B., Sardella, G.D. 2010. Mercury and other metals in muscle and ovaries of goldeye (*Hiodon alosoides*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 29(2):373-379.

Donald, D.B., Craig, H.L., Syrgiannis, L. 1996a. Contaminants in Environmental Samples: Mercury in the Peace, Athabasca and Slave River Basins. NRBS Project Report No. 105. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Donald, D.B., Wrona, F.J., Warwick, W.F., Aitken, W., Hunter, F.G., Syrgiannis, J. 1996b. Indicators of Ecosystem Integrity: Peace-Athabasca Delta. NRBS Project Report No. 107. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Donald, D.A., Aitken, W., Syrgiannis, J., Glozier, N.E., Hunter, F.G., Gilchrist, M.R. 2004. State of the Aquatic Environment Peace-Athabasca Delta – 2002. In: Environnement Canada, Initiative des écosystèmes des rivières du Nord : Collective Findings [CD-ROM]. Document établi par Conly, F.M, Saskatoon (Sask.), 2004. (avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta).

Dowdeswell, L., Dillon, P., Ghoshal, S., Miali, A., Rasmussen, J., Smol, J.P. 2010. Une base pour l'avenir : Mise en œuvre d'un réseau de surveillance de l'Environnement pour les sables bitumineux. Rapport présenté au ministre de l'Environnement. Accès : <http://www.ec.gc.ca/pollution/default.asp?lang=Fr&n=E9ABC93B-1>

Dunnigan, M., Millar, S. 1993. Benthos Field Collections, Under Ice Sampling, Athabasca River, February and March, 1993. NRBS Project Report No. 21. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

English, M.C., Stone, M.A., Hill, B., Wolfe, P.M., Ormson, R. 1996. Assessment of Impacts on the Slave River Delta of Peace River Impoundment at Hudson Hope. NRBS Project Report No. 74. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Environnement Canada. Site Web du programme national de suivi et de surveillance des contaminants dans le poisson [en ligne]. Accès : <http://www.ec.gc.ca/scitech/default.asp?lang=Fr&n=828EB4D2-1>

Environnement Canada. 2003. Evaluation of the Vulnerability of the Great Slave Lake Ecosystem. Préparé par MDA Consulting Ltd., Direction de la conservation de l'environnement, Région des Prairies et du Nord, Edmonton (Alb.).

Environnement Canada. 2007. Rapport de l'Équipe d'examen de l'Étude de suivi des effets sur l'environnement des mines de métaux. Gatineau (Qc) : Bureau national des études de suivi des effets sur l'environnement, Environnement Canada. Accès : http://www.ec.gc.ca/eem/English/Publications/web_publication/mm_review_team/default.cfm

Environnement Canada. 2010. Guide technique de l'étude de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) de 2010. Gatineau (Qc) : Bureau national des études de suivi des effets sur l'environnement, Environnement Canada. Accès : <http://www.ec.gc.ca/esee-eem/default.asp?lang=En&n=3E389BD4-1> [consulté en juin 2011].

Environnement Canada, ministère de l'Environnement de l'Alberta. 2011a. Plan de surveillance de la qualité de l'eau du cours inférieur de la rivière Athabasca – Phase 1. Gouvernement du Canada. 90 p. Accès : <http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=Fr&xml=1A877B42-60D7-4AED-9723-1A66B7A2ECE8>

Environnement Canada, ministère de l'Environnement de l'Alberta. 2011b. Plan de surveillance de l'environnement intégré des sables bitumineux. Gouvernement du Canada. 37 p. Accès : <http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=56D4043B-1&news=7AC1E7E2-81E0-43A7-BE2B-4D3833FD97CE>

Environnement Canada, ministère de l'Environnement de l'Alberta. 2011c. Plan de surveillance intégré pour les sables bitumineux – Portée géographique étendue pour la composante liée à la qualité de l'eau et de sa quantité, à la biodiversité aquatique, aux effets et aux lacs sensibles aux acides. Gouvernement du Canada. 121 p. Accès : <http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=56D4043B-1&news=7AC1E7E2-81E0-43A7-BE2B-4D3833FD97CE>

Études techniques du delta des rivières de la Paix et Athabasca. 1996. Peace-Athabasca Delta Technical Studies Final Report. Fort Chipewyan (Alb.). 88 p.

Evans, M.S. 1997. Limnological Investigations in the West Basin of Great Slave Lake, March 1994. NRBS Project Report No. 131. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Evans, M.S., Bourbonniere, R., Muir, D.C.G., Lockhart, W.L., Wilkinson, P., Billeck, B. 1996. History of Sediment in Great Slave Lake: Spatial and Temporal Patterns in Geochronology, Bulk Parameters, PAHs and Chlorinated Contaminants. NRBS Project Report No. 99. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Evans, M.S., Lockhart, W.L., Klaverkamp, J. 1998a. Metal Studies of Water, Sediments and Fish from the Resolution Bay area of Great Slave Lake: Studies Related to the Decommissioned Pine Point Mine. Collection de l'Institut national de recherches hydrologiques, n° 98-87. 209 p.

Evans, M.S., Lockhart, W.L., Muir, D. 1998b. Investigations of Metals and Persistent Organochlorine Contaminants in Predatory Fish from Resolution Bay, Great Slave Lake. Collection de l'Institut national de recherches hydrologiques, n° 98-93. 76 p.

Evans, M.S., Billeck, B., Lockhart, W.L., Bechtold, J.P., Yunker, M.B., Stern, G. 2002. PAH Sediment Studies in Lake Athabasca and the Athabasca River Ecosystem Related to the Fort McMurray Oil Sands Operations: Sources and Trends. In: Brebbia, C.A. (éd.) Oil and Hydrocarbon Spills III. Southampton (Royaume-Uni) : WIT Press.

Evans, M.S., Lockhart, W.L., Doetzel, L., Low, G., Muir, D., Kidd, K., Stephens, G., Delaronde, J. 2005. Elevated mercury concentrations in fish in lakes in the Mackenzie River Basin: The role of physical, chemical, and biological factors. *Science of the Total Environment* 351-352:479-500.

Ferguson, B.G. 1985. Athabasca Oil Sands – Northern Resource Exploration, 1875-1951. Regina (Sask.) : Canadian Plains Research Center. 283 p.

Glozier, N.E., Donald, D.B., Crosley, R.W., Halliwell, D. 2009. Wood Buffalo National Park Water Quality: Status and Trends from 1989-2006 in Three Major Rivers; Athabasca, Peace and Slave. Environnement Canada, Division de la surveillance de la qualité de l'eau.

Golder Associates Ltd. 1997a. Contaminant Fate Modelling, Athabasca, Wapiti and Smoky Rivers. NRBS Project Report No. 112. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Golder Associates Ltd. 1997b. Contaminant Fate Modelling for the Athabasca River: Implementation of New Sediment Flux Routines. NRBS Project Report No. 136. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Golder. 2003a. Oil Sands Regional Aquatics Monitoring Program (RAMP) Five Year Report. Mai 2003. Ébauche, mars 2003. Préparé pour le comité consultatif du Regional Aquatics Monitoring Program. Calgary (Alb.)

Golder. 2003b. Review of Historical Benthic Invertebrate Data for Rivers and Streams in the Oil Sands Region. Novembre 2003. Soumis au comité consultatif du Regional Aquatics Monitoring Program.

Golder. 2004. Review of historical fisheries information for tributaries of the Athabasca River in the oil sands region. Février 2004. Soumis au comité consultatif du Regional Aquatics Monitoring Program.

Grey, B.J., Harbicht, S.M., Stephens, G.R. 1995. Mercury in Fish from Rivers and Lakes in Southwestern Northwest Territories. Programme d'études sur les eaux du Nord. 61 p.

Groupe d'étude du delta Paix-Athabasca. 1973. Peace-Athabasca Delta Project Group Technical Report: A report on low water levels in Lake Athabasca and their effect on the Peace-Athabasca Delta. Gouvernements du Canada, de l'Alberta et de la Saskatchewan. 176 p.

Gummer, W.D., Cash, K.J., Wrona, F.J., Prowse, T.D. 2000. The Northern River Basins Study: context and design. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* (ancien nom : *Journal of Aquatic Ecosystem Health*) 8: 7-16.

Hartland-Rowe, R.C.B., Davies, R.W., McElhone, H., Crowther, R. 1979. The Ecology of Macro Benthic Invertebrate Communities in Hartley Creek, Northeastern Alberta. Préparé par le Département de biologie de l'Université de Calgary pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOERP Report No. 49. 144 p.

Hatfield Consultants Ltd. 2006. Fish Health of Richardson (Jackfish) Lake and the Old Fort River. Préparé pour la Athabasca Chipewyan First Nation et Canadian Natural Resources Ltd. 49 p.

Headley, J.V., Akre, C., Conly, F.M., Peru, K.M., Dickson, L.C. 2001. Preliminary characterization and source assessment of PAHs in tributary sediments of the Athabasca River, Canada. *Environ. Forensics* 2: 335-345.

Hebben, T. 2009. Analysis of Water Quality Conditions and Trends for the Long-Term River Network: Athabasca River, 1960-2007. Water Policy Branch, Environmental Assurance Division, ministère de l'Environnement de l'Alberta. 341 p.

Hesslein, R.H. 1979. Lake Acidification Potential in the Alberta Oil Sands Environmental Research Program Study Area. Préparé par l'Institut des eaux douces d'Environnement Canada pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOERP Report No. 71. 47 p.

Hicks, F.E., McKay, K. 1996. Hydraulic Flood Routing Models of the Peace and Slave Rivers, Hudson Hope to Great Slave Lake. NRBS Project Report No. 77. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Hicks, F.E., Yasmin, N., Chen, X. 1996. A Hydraulic Flood Routing Model of the Peace River, Hudson Hope to Peace Point. NRBS Project Report No. 76. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Initiative des écosystèmes des rivières du Nord (Canada). 2004. Synthesis report – Northern Rivers Ecosystem Initiative. Hull (Qc) : Initiative des écosystèmes des rivières du Nord. 138 p.

Jacobson, T.L., Boag, T.D. 1995. Fish Collections, Peace, Athabasca and Slave River Basins, September to December, 1994. NRBS Project Report No. 61. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Kelly, E.N., Short, J.W., Schindler, D.W., Hodson, P.V., Ma, M., Kwan, A.K., Fortin, B.L. 2009. Oil sands development contributes polycyclic aromatic compounds to the Athabasca River and its tributaries. *Proceedings of the National Academy of Science* 106:22346-22351.

Kelly, E.N., Schindler, D.W., Hodson, P.V., Short, J.W., Radmanovich, R., Nielsen, C.C. 2010. Oil sands development contributes elements toxic at low concentrations to the Athabasca River and its tributaries. *Proceedings of the National Academy of Science* 107:16178-16183.

Kokelj, S.A. 2003. Aperçu hydrologique des régions de North Slave et de South Slave. Yellowknife (T.N.-O.) : Division de la gestion des eaux, Affaires indiennes et du Nord canadien. 50 p.

Köster, D., Mitchell, A., Raphael, A., Townsend, K. 2010. Synthesis of Ecological Information Related to the Peace-Athabasca Delta. Rapport préparé par AECOM pour le Programme de surveillance écologique du delta Peace-Athabasca. 77 p.

Kristensen, J. 1981. Investigations of goldeye and other fish species in the Wood Buffalo National Park section of the Peace-Athabasca Delta. Rapp. manus. can. sci. halieut. aquat., n° 1560, chap. v. 64 p.

Kristensen, J., Summers, S.A. 1981. Fish Populations in the Peace-Athabasca Delta and the Effects of Water Control Structures on Fish Movements: Data. Canada. Service des pêches et des sciences de la mer, rapport manuscrit n° 61, chap. iv, 216 p.

Kristensen, J., Ott, B.S., Sekerak, A.D. 1975. Walleye and Goldeye Fisheries Investigations in the Peace-Athabasca Delta – 1975. Préparé par LGL Limited environmental research associates pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report No. 2. 103 p.

Lafontaine, C. 1997. Concentrations of Metals and Trace Elements in Muscle and Liver of Fish collected from Great Slave Lake, Fort Resolution area, NWT final report. Yellowknife (T.N.-O.) : The Division.

Leconte, R., Peters, D., Pietroniro, A., Prowse, T. 2006. Modelling climate change impacts in the Peace and Athabasca catchment and delta: II – variations in flow and water levels with varying winter severity. *Hydrological Processes* 20:4215-4230.

Lindeman, D.H., Hall, S., Ritson-Bennett, E. (éd.) 2011. Analyse des activités et des programmes passés et actuels de surveillance des eaux de surface dans la région des sables bitumineux d'Athabasca. Saskatoon (Sask.) : Environnement Canada. 122 p.

Lockhart, W.L., Metner, D.A., Murray, D.A.J., Muir, D.C.G., Danell, R.W., York, R.K., Harbicht, S. 1989. Analyses of Fish from the Slave River at the Alberta/N.W.T. boundary, 1988. Rapport inédit préparé pour le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, Yellowknife (T.N.-O.)

Lockhart, W.L., Metner, D.A., Danell, R.W., Kenny, D., Harbicht, S. 1991. Cumulative Report on Fish Collected in Association with the Slave River Monitoring Program, September 1988-April 1991. Préparé pour la Division de la gestion des eaux, Affaires indiennes et du Nord canadien, Yellowknife (T.N.-O.). 28 p.

Loeppky, K.D., Spitzer, M.O. 1977. Interim Compilation of Stream Gauging Data to December 1976 for the Alberta Oil Sands Environmental Research Program. Préparé par la Division des relevés hydrologiques du Canada, Environnement Canada, Calgary (Alb.) pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report No. 18. 257 p.

Lott, E.O., Jones, R.K. 2010. Review of Four Major Environmental Effects Monitoring Programs in the Oil Sands Region. Edmonton (Alb.) : Oil Sands Research and Information Network, Université de l'Alberta, School of Energy and the Environment. OSRIN Report No. TR-6. 114 p.

Lowell, R.B., Ring, B., Pastershank, G., Walker, S., Trudel, L., Hedley, K. 2005. Évaluation nationale des données des études de suivi des effets sur l'environnement des fabriques de pâtes et papiers : Résultats des cycles 1 à 3. Burlington (Ont.) : Institut national de recherche sur les eaux. Série de rapports d'évaluation scientifique de l'Institut national de recherche sur les eaux, rapport n° 5.

Lutz, A., Hendzel, M. 1976. Survey of Baseline Levels of Contaminants in Aquatic Biota of the AOSERP Study Area. Préparé par l'Institut des eaux douces de Pêches et Environnement Canada pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report No. 17.

MacLock, R.B., Lyons, B., Ellehoj, E. 1997. Environmental Overview of the Northern River Basins. NRBS Synthesis Report No. 8. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord. 124 p.

Macoun, J. 1922. Autobiography of John Macoun, M.A.: Canadian Explorer and Naturalist, Assistant Director and Naturalist to the Geological Survey of Canada, 1831-1920. Ottawa (Ont.) : Ottawa Field-Naturalists' Club. Accès : <http://www.archive.org/stream/autobiographyof00macouoft#page/n7/mode/2up> [consulté en juin 2011].

McCart, P.J., Tripp, D., Withler, R. 1982. Spawning and Distribution of Lake Whitefish (*Coregonus clupeaformis*) in Athabasca River and Lake Athabasca. Préparé par Aquatic Environments Ltd. pour le ministère de l'Environnement de l'Alberta.

McCarthy, L.H., Robertson, I.S., Hesslein, R.H., Williams, T.G. 1997. Baseline studies in the Slave River, NWT, 1990-1994: Part IV. Evaluation of benthic invertebrate populations and stable isotope analyses. *Science of the Total Environment* 197:111-125.

Milburn, D., Prowse, T.D. 1998. Sediment-bound Contaminants Transport and Deposition Study in the Slave River Delta, Northwest Territories, 1997. Rapport préparé pour le Programme des contaminants dans les T.N.-O., Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, Yellowknife, T.N.-O. Reproduit avec permission, In: Environnement Canada, Northern Rivers Ecosystem Initiative: Collective Findings [CD-ROM]. Document établi par Conly, F.M. Saskatoon (Sask.), 2004. (avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta).

Milburn, D., Stone, M., English, M., Prowse, T.D. 2000. Observations on sediment chemistry of the Slave River Delta, Northwest Territories, Canada. *I/ADS* 263:203-209.

More, R.B., Schimnoski, R., Teichroeb, L.H., Wittkowski, D. 1996. A Database of Environmental Samples Collected and Analysed for the Northern River Basin Study. NRBS Project Report No. 142. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Neill, C.R., Evans, B.J. 1979. Synthesis of Surface Water Hydrology. Préparé par Northwest Hydraulic Consultants Ltd pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report No. 60. 84 p.

Neill, C.R., Evans, B.J., Lipsett, A.W. 1981. Circulation of Water and Sediment in the Athabasca River Delta. Préparé par Northwest Hydraulic Consultants Ltd. et l'Alberta Research Council pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report No. 123. 200 p.

Noton, L.R., Saffran, K.A. 1995. Water Quality in the Athabasca River System, 1990-93. 3 Parts. Alberta Environmental Protection, Technical Services and Management Division.

Noton, L.R., Shaw, R.D. 1989. Winter Water Quality in the Athabasca River System, 1988 and 1989. Edmonton (Alb.) : Environmental Protection Services, ministère de l'Environnement de l'Alberta. 200 p.

Ouellett, M.S.J., Cash, K.J. 1996. BONAR: a Database for Benthos of Peace, Athabasca and Slave River Basins: User's Guide. NRBS Project Report No. 143. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

[PSE-DPA] Programme de surveillance écologique du delta Peace-Athabasca. 2009. Mandat du Programme de surveillance écologique du delta Peace-Athabasca.

Parcs Canada. 2010. Plan Directeur : Parc national du Canada Wood Buffalo. 67 p. Accès : <http://www.pc.gc.ca/fra/pn-np/nt/woodbuffalo/plan.aspx>

Pastershank, G.M., Muir, D.C.G. 1995. Contaminants in Environmental Samples: PCDDs and PCDFs Downstream of Bleached Kraft Mills Peace and Athabasca Rivers, 1992. NRBS Project Report No. 44. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Pavelsky, T.M., Smith, L.C. 2009. Surface Water Elevation and Quality, Peace-Athabasca Delta, Canada, 2006-2007. Data set [en ligne]. Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center. doi:10.3334/ORNLDAA/935. Accès : <http://www.daac.ornl.gov>

Peddle, J.D., Lafontaine, C., Moore, S. 1996. Fort Resolution Fish Monitoring Study 1992-93 / 1993-94. Préparé pour la Division de la gestion des eaux, Affaires indiennes et du Nord canadien, Yellowknife (T.N.-O.)

Peters, D.L., Prowse, T.D. 2006. Generation of streamflow to seasonal highwaters in a freshwater delta, northwestern Canada. *Hydrological Processes* 20:4173-4196.

Pietroniro, A., Töyrä, J. 2004. Monitoring Delta Ecosystem Response to Water-level Restoration. In: Environnement Canada, Initiative des écosystèmes des rivières du Nord : Collective Findings [CD-ROM]. Document établi par Conly, F.M, Saskatoon (Sask.), 2004. (avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta).

Pietroniro, A., Conly, F.M., Toth, B., Leconte, R., Kouwen, N., Peters, D.L., Prowse, T.D. 2004. Modelling Climate Change Impacts on Water Availability in the Peace Athabasca Catchment and Delta. In: Environnement Canada, Initiative des écosystèmes des rivières du Nord : Collective Findings [CD-ROM]. Document établi par Conly, F.M, Saskatoon (Sask.), 2004. (avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta).

Prowse, T.D., Conly, F.M. 1998. Effects of climatic variability and flow regulation on ice-jam flooding of a northern delta. *Hydrological Processes* 12:1589-1610.

Prowse, T.D., Beltaos, S., Bonsal, B., Carter, T., English, M.C., Gardner, T., Gibson, J.J., Peters, D.L., Romolo, L. 2004. Hydro-climatic Impacts Affecting the Peace-Athabasca-Slave Catchments and Deltas. In: Environnement Canada, Initiative des écosystèmes des rivières du Nord : Collective Findings [CD-ROM]. Document établi par Conly, F.M, Saskatoon (Sask.), 2004. (avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta).

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Prowse, T.D., Conly, M., Lalonde, V. 1996. Hydrometeorological Conditions Controlling Ice-jam Floods, Peace River near the Peace-Athabasca Delta. NRBS Technical Report No. 103. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

[RAMP] Site Web du Regional Aquatics Monitoring Program [en ligne]. Accès : <http://www.ramp-alberta.org/RAMP.aspx> [consulté le 4 juin 2011].

[RAMP] Regional Aquatics Monitoring Program. 2004. 2003 Annual Report. Préparé par Hatfield Consultants Ltd., Jacques Whitford Environment Ltd., Mack, Slack and Associates Inc. et Western Resource Solutions pour le comité consultatif du Regional Aquatics Monitoring Program.

[RAMP] Regional Aquatics Monitoring Program. 2006. 2006 Annual Report. Préparé par Hatfield Consultants Ltd., Jacques Whitford Environment Ltd., Mack, Slack and Associates Inc. et Western Resource Solutions pour le comité consultatif du Regional Aquatics Monitoring Program.

[RAMP] Regional Aquatics Monitoring Program. 2009. RAMP Technical Design and Rationale. Préparé par Hatfield Consultants Ltd., Kilgour and Associates Ltd., Klohn Crippen Berger Ltd. et Western Resource Associates Ltd. pour le comité consultatif du Regional Aquatics Monitoring Program.

[RAMP] Regional Aquatics Monitoring Program. 2011. 2010 Technical Report. Préparé par Hatfield Consultants Partnership, Kilgour and Associates Ltd. et Western Resource Solutions pour le comité consultatif du Regional Aquatics Monitoring Program.

Reid, M.A., Ogden, R.W. 2006. Trend, variability or extreme event? The importance of long-term perspectives in river ecology. *River Research and Applications* 22:167-177.

Relevés hydrologiques du Canada. Données hydrométriques archivées en ligne. Accès : <http://www.ec.gc.ca/rhc-wsc/default.asp?lang=Fr&n=4EED50F1-1>

Sanderson, J., Lafontaine, C., Robertson, K. 1997. Slave River Environmental Quality Monitoring Program, 1990-95, Final Five Year Report, vol. 1-3. Yellowknife (T.N.-O.) : Division de la gestion des eaux, Affaires indiennes et du Nord canadien.

Sanderson, J., Czarniecki, A., Faria, D. En préparation. Status and Trends of Water and Suspended Sediment Quality and Hydrology in the Transboundary Reach of the Slave River. Yellowknife (T.N.-O.) : Division de la gestion des eaux, Affaires indiennes et du Nord canadien.

Saunders, R.D., Dratnal, E. 1994. Aquatic Macroinvertebrate Identifications on Under-ice Samples, Athabasca River, February and March 1993. NRBS Project Report No. 38. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Schindler, D. 2010. Tar sands need solid science. *Nature* 468:499-501.

Schindler, D.W., Donahue, W.F. 2006. An impending water crisis in Canada's western prairie provinces. *Proceedings of the National Academy of Science* 103:7210-7216.

Scrimgeour, G., Chambers, P.A. 1996. Identification of Spatial and Temporal Patterns in Nutrient Limitation with Herbivory Effects, Wapiti, Smoky and Athabasca Rivers, 1994. NRBS Project Report No. 96. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Scrimgeour, G.J., Chambers, P.A., Culp, J.M., Cash, K.J., Ouellette, M.S. 1995. Long Term Trends in Ecosystem Health: Quantitative Analysis of River Benthic Invertebrate Communities, Peace and Athabasca Rivers. NRBS Project Report No. 56. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Sekerak, A.D., Walder, G.L. 1980. Aquatic Biophysical Inventory of Major Tributaries in the AOSERP Study Area. Volume I: Summary Report. Préparé par LGL Limited environmental research associates pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report No. 114. 100 p.

SENTAR Consultants Ltd. 1996. A Synthesis of Information on Effluent Characteristics of Municipal and Non-Pulp Mill Industrial Sources in the Peace, Athabasca and Slave River Basins. NRBS Project Report No. 79. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Shaw, R.D., Noton, L.R., Guenther, G.W. 1990. Water Quality of the Peace River in Alberta. Edmonton (Alb.) : Environmental Protection Services, ministère de l'Environnement de l'Alberta. 247 p.

Site Web d'Alberta Energy [en ligne]. Accès : http://www.energy.alberta.ca/LandAccess/pdfs/OilSands_Projects.pdf

Site Web de l'Alberta Energy Resources Conservation Board. [en ligne]. Accès : http://authorizationsguide.ercb.ca/authorization_wateract_licence.htm

Site Web de BC Hydro [en ligne]. Accès : <http://www.bchydro.com>

Site Web du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord [en ligne]. Accès : <http://www.ainc-inac.gc.ca/nth/ct/ncp/index-eng.asp> [consulté le 6 juillet 2011]. Lien actuel : <http://www.aadnc-andc.gc.ca/eng/1323297155186/132329723327>

Site Web Étude du suivi des effets sur l'environnement [en ligne]. Accès : <http://www.ec.qc.ca/esee-eem/default.asp?lang=Fr&n=4CDB9968-1> [consulté le 29 juin 2011].

Smith, S.B. 1981. Alberta Oil Sands Environmental Research Program, 1975-1980: Summary Report. Préparé par Environmental Consultants Limited pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report 118. 170 p.

Smithson, G.L. 1993. Radionuclide Levels in Fish From Lake Athabasca, February, 1993. NRBS Project Report No. 26. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Sokal, M.A., Hall, R.I., Wolfe, B.B. 2010. The role of flooding on inter-annual and seasonal variability of lake water chemistry, phytoplankton diatom communities and macrophyte biomass in the Slave River Delta (Northwest Territories, Canada). *Ecohydrology* 3:41-54.

[SRC] Société royale du Canada. 2010. Environmental and Health Impacts of Canada's Oil Sands Industry. Rapport du Comité d'experts de la Société royale du Canada. 414 p.

Stone, M., English, M.C. 1998. Geochemistry of Sediments in the Slave River Delta, NWT. Yellowknife (T.N.-O.) : Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien.

Summers, S.A. 1978. Walleye Studies in Richardson Lake and Lake Athabasca April-July 1977. Préparé pour le projet du delta Paix-Athabasca, Comité de surveillance.

Tallman, R.F., Tonn, W.M., Little, A. 1996. Diet, Food Web and Structure of the Fish Community, Lower Slave River, June to December, 1994 and May to August, 1995. NRBS Project Report No. 119. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord.

Tetreault, G.R., McMaster, M.E., Dixon, D.G., Parrott, J.L. 2003. Using reproductive endpoints in small forage fish species to evaluate the effects of Athabasca oil sands activities. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22:2775-2782.

Timoney, K.P., Lee, P. 2011. Polycyclic aromatic hydrocarbons increase in Athabasca River Delta sediment: temporal trends and environmental correlates. *Environmental Science and Technology* 45:4278-4284.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Toth, B., Pietroniro, A., Conly, F.M., Kouwen, N. 2006. Modeling climate change impacts in the Peace and Athabasca catchment and delta. I – Hydrological model application. *Hydrological Processes* 20:4197-4214.

Tripp, D.B., Tsui, P.T.P. 1980. Fisheries and Habitat Investigations of Tributary Streams in the Southern Portion of the AOSERP Study Area, Volume I. Préparé pour le Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta. AOSERP Report No. 92, Project WS 1.6.2.

Weins, B.J., Kellerhals, M., and Pankratz, A.D. 2004. Atmospheric contribution to mercury loading in the northern aquatic systems. In: Environnement Canada, Initiative des écosystèmes des rivières du Nord : Collective Findings [CD-ROM]. Document établi par Conly, F.M., Saskatoon (Sask.), 2004. (avec le ministère de l'Environnement de l'Alberta).

Whittle, D.M. 1989. Baseline Contaminant Levels in Selected Slave River Fish Species. Préparé pour la Division de la gestion des eaux, Affaires indiennes et du Nord canadien, Yellowknife (T.N.-O.) 15 p.

Wrona, F.J., Gummer, W. 2006. Northern Rivers Ecosystem Initiative: contextual overview. *Hydrological Processes* 20:4005-4007.

Wrona, F.J., Gummer, W.D., Cash, K.J., Crutchfield, K. 1996. Cumulative Impacts Within the Northern River Basins. NRBS Synthesis Report No. 11. Edmonton (Alb.) : Étude sur les bassins des rivières du Nord. 105 p.

FIGURES

Figure 1 : Régions des sables bitumineux et gisements dans les bassins versants des rivières de la Paix et Athabasca.

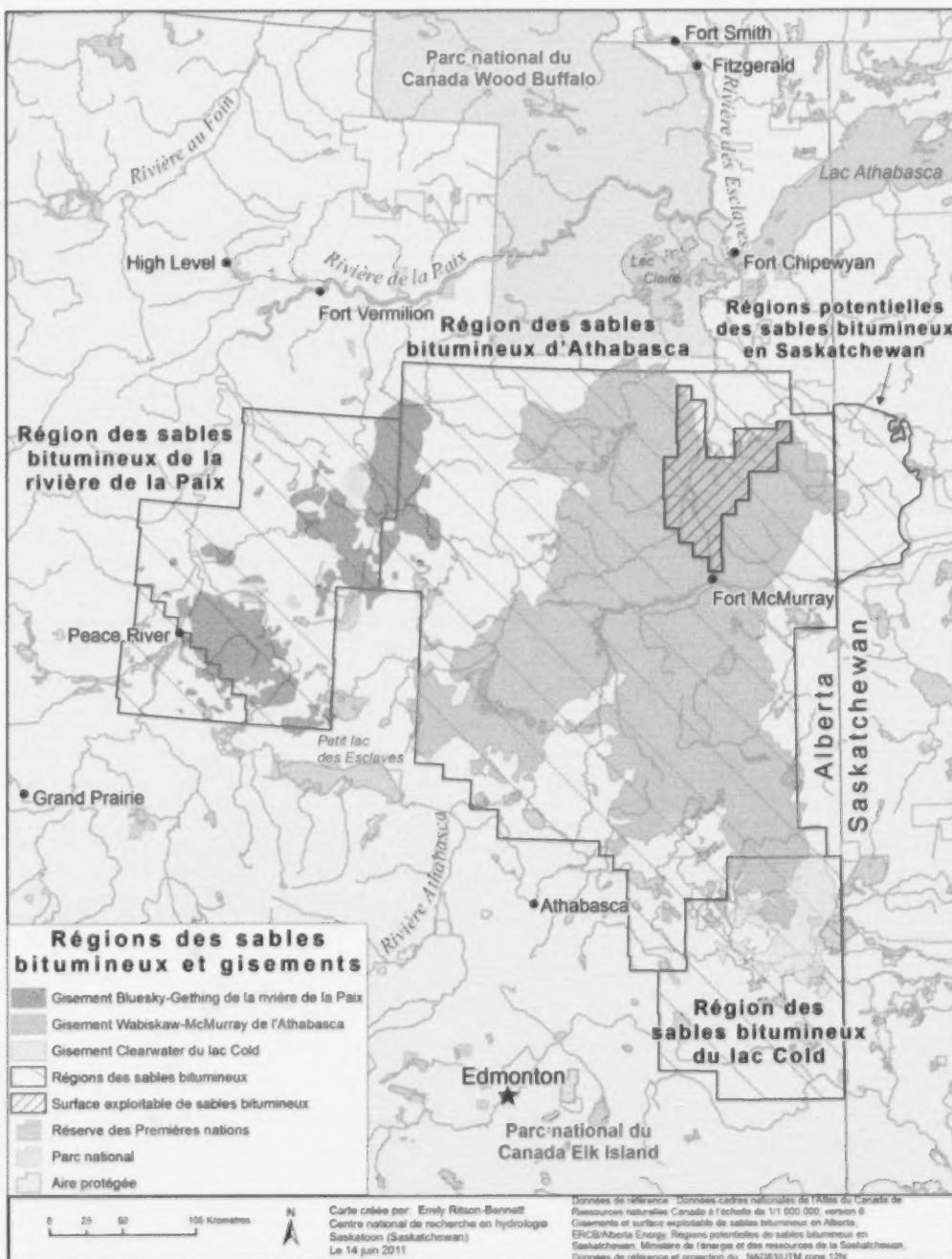
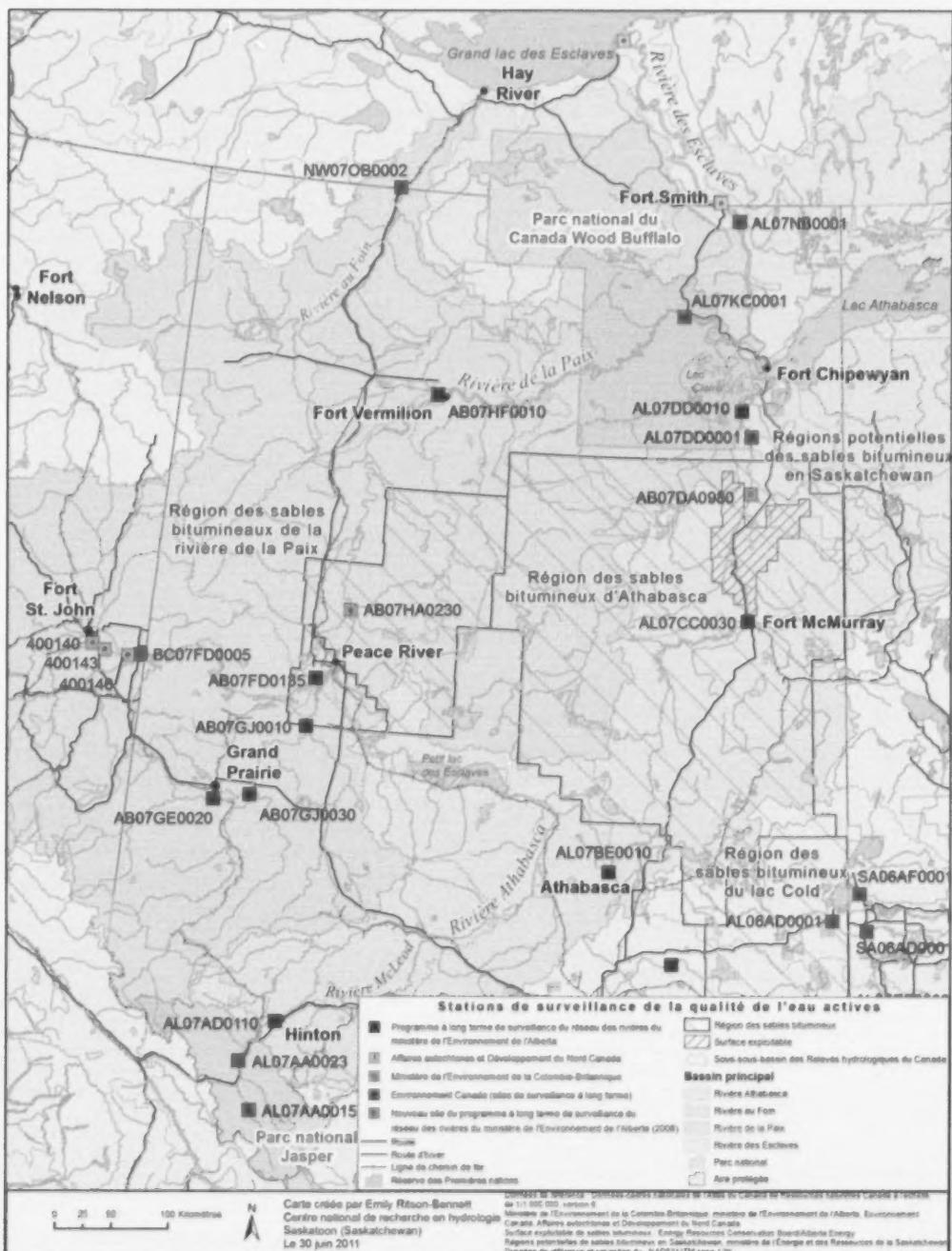
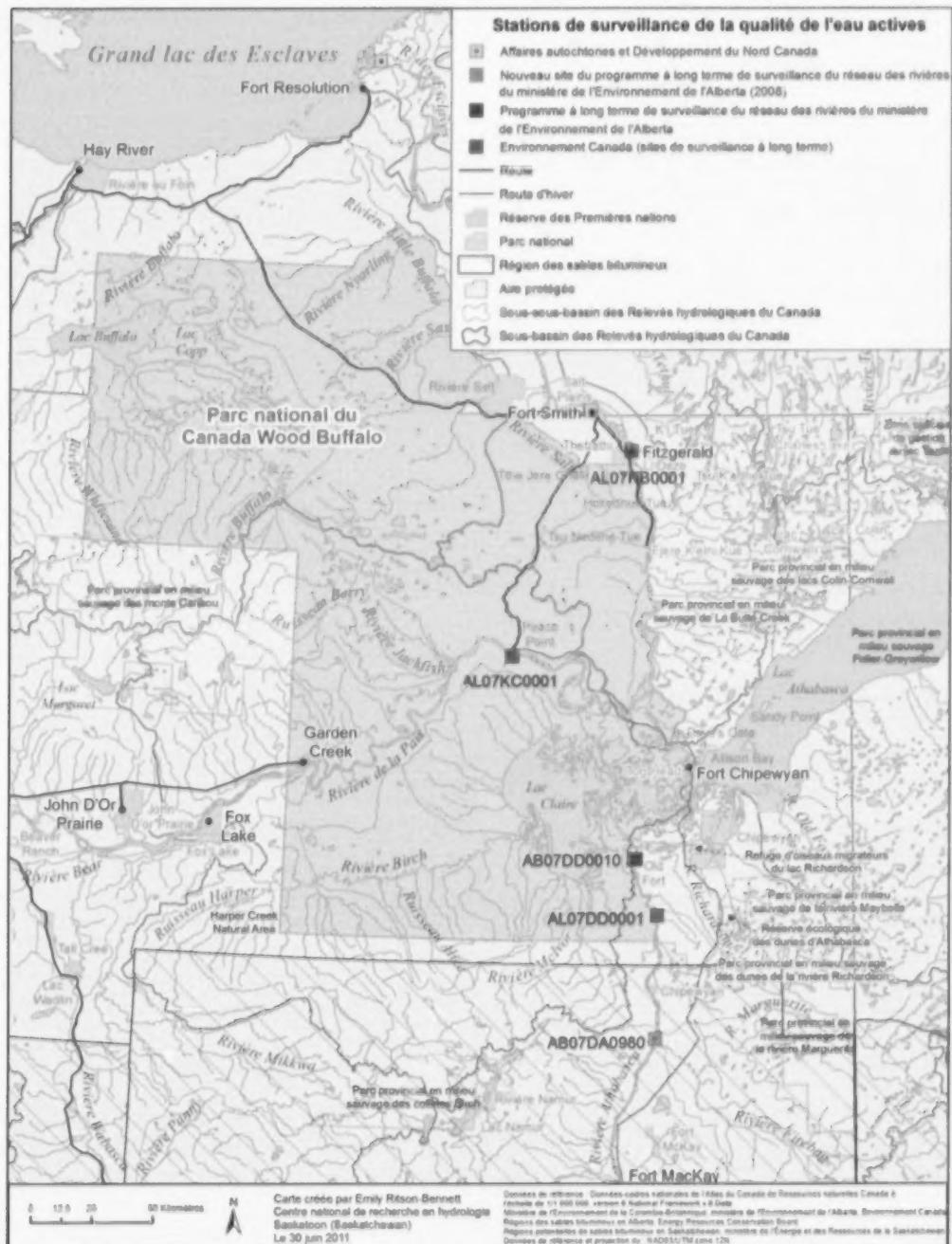


Figure 2 : Stations de surveillance à long terme de la qualité de l'eau d'Environnement Canada, du ministère de l'Environnement de l'Alberta, du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, dans les réseaux de drainage des rivières de la Paix, Athabasca et des Esclaves.



Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Figure 3 : Stations de surveillance à long terme de la qualité de l'eau d'Environnement Canada, du ministère de l'Environnement de l'Alberta et d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada dans la région d'expansion géographique.



Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Figure 4 : Stations de surveillance à long terme de la qualité de l'eau du ministère de l'Environnement de l'Alberta et d'Environnement Canada dans la région du delta des rivières de la Paix et Athabasca.

emily.gauthier@utoronto.ca



Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Figure 5 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada, stations climatologiques d'Environnement Canada et du ministère de l'Environnement de l'Alberta, et stations de mesure de l'enneigement du ministère de l'Environnement de l'Alberta. Les sites de relevés nivométriques au nord du 60° parallèle sont exploités par Affaires autochtones et Développement du Nord Canada. Les sites de relevés nivométriques en Colombie-Britannique sont exploités par le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique.

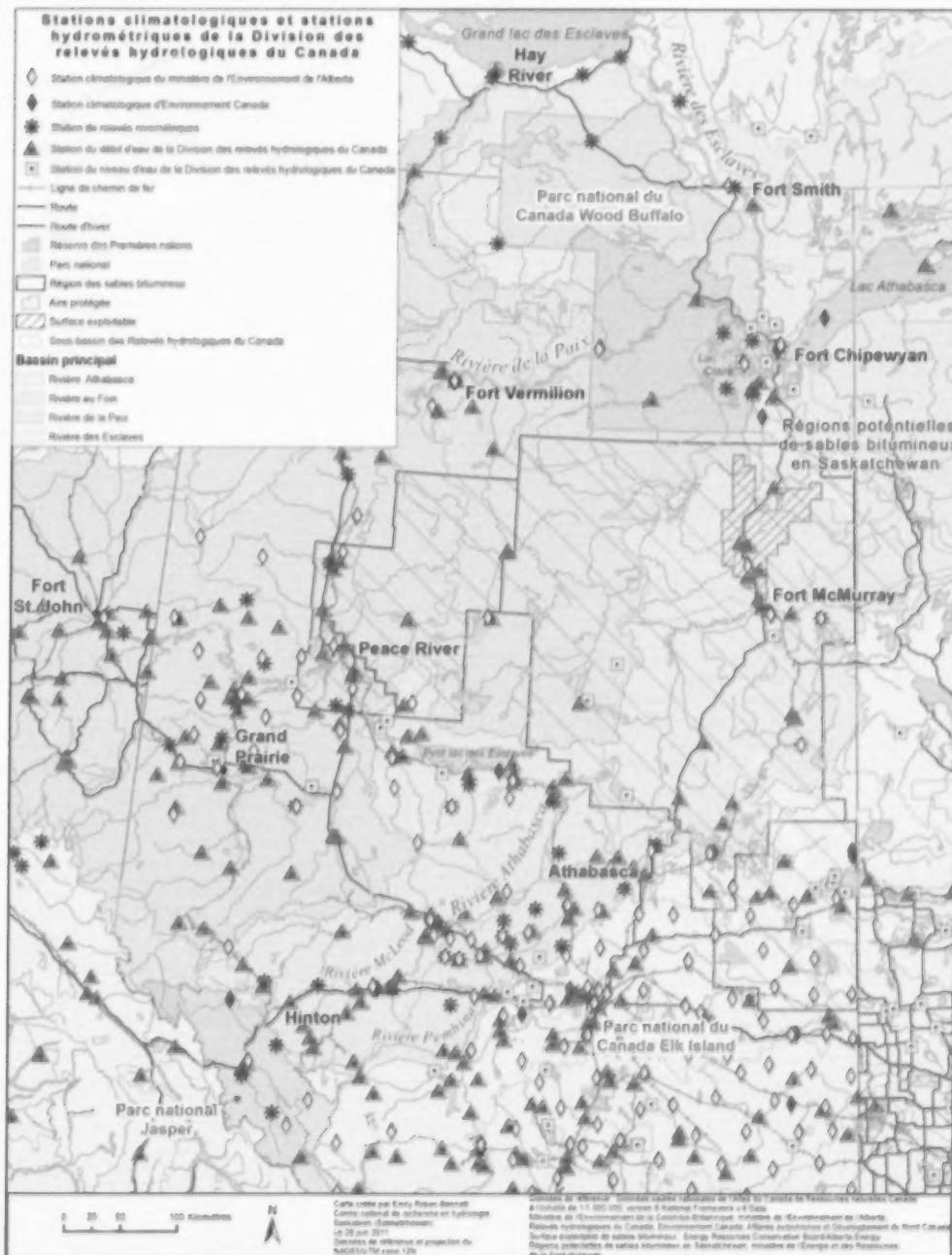


Figure 6 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada, stations climatologiques d'Environnement Canada et du ministère de l'Environnement de l'Alberta, et stations de mesure de l'enneigement du ministère de l'Environnement de l'Alberta et d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada dans la région d'expansion géographique.

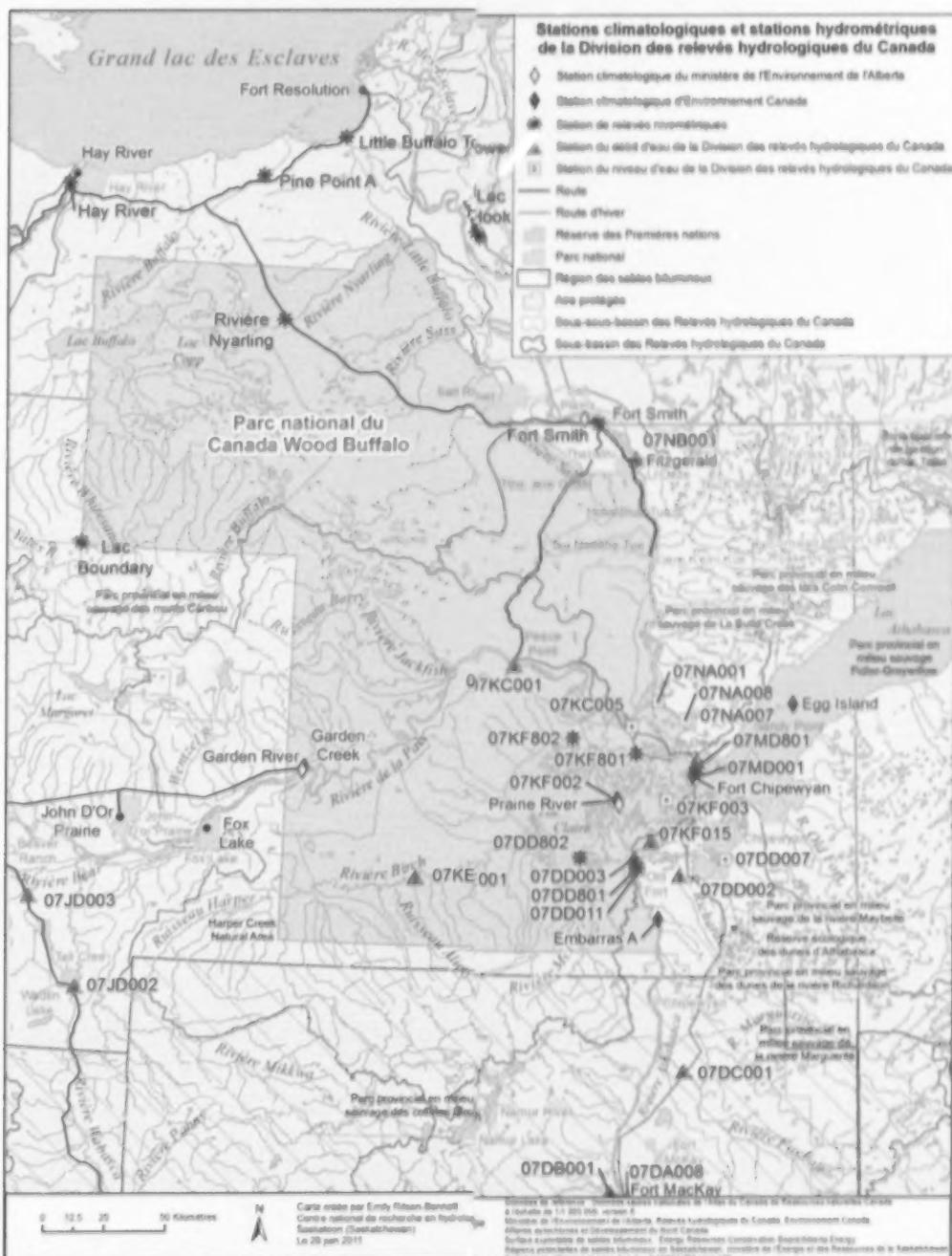


Figure 7 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada, stations climatologiques d'Environnement Canada et du ministère de l'Environnement de l'Alberta, et stations de mesure de l'enneigement du ministère de l'Environnement de l'Alberta dans la région du delta des rivières de la Paix et Athabasca. AWOS = Système automatisé d'observations météorologiques; SC = Station climatologique; A = Aéroport (si la lettre A figure après AWOS, cela signifie que l'AWOS se trouve dans cet aéroport).

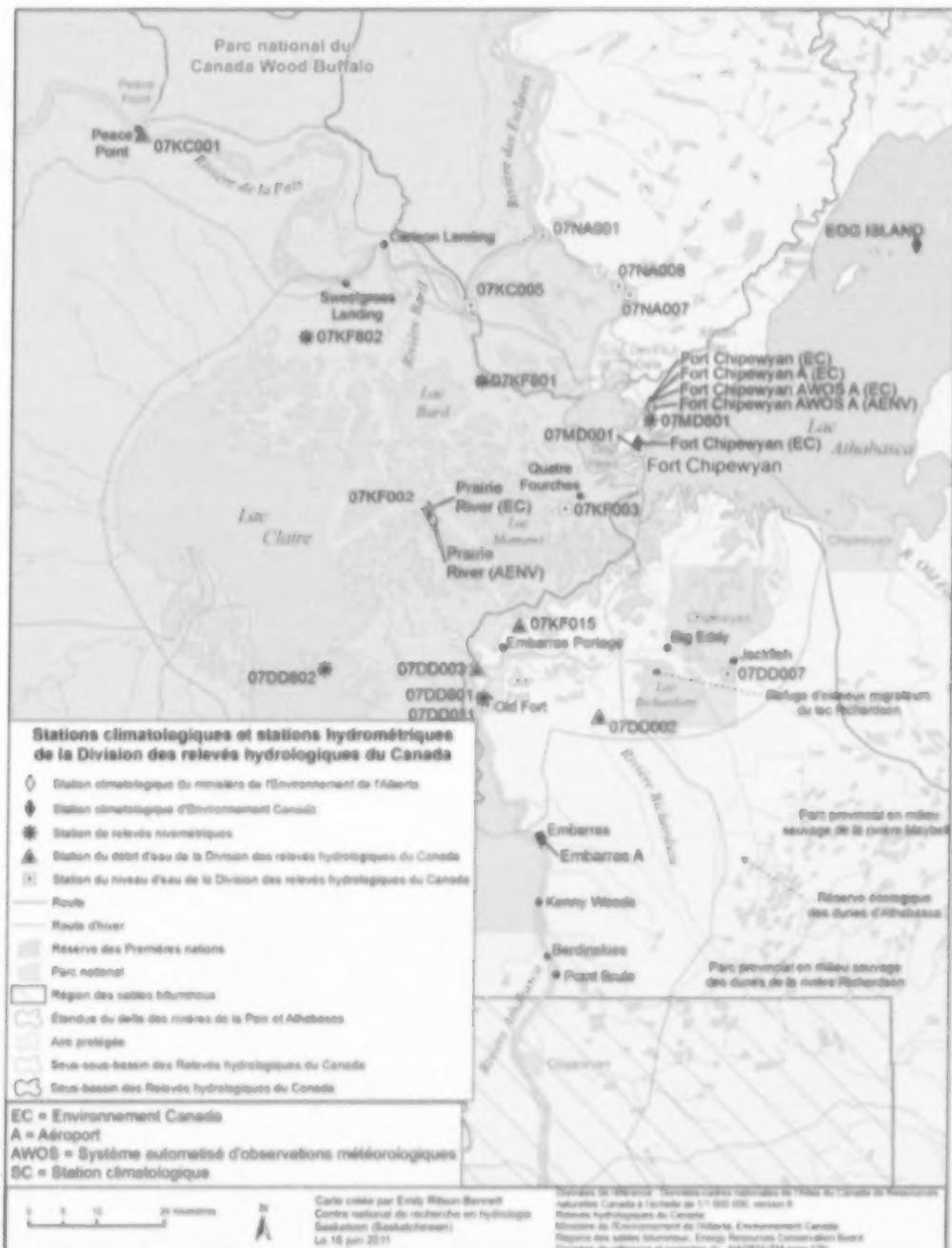
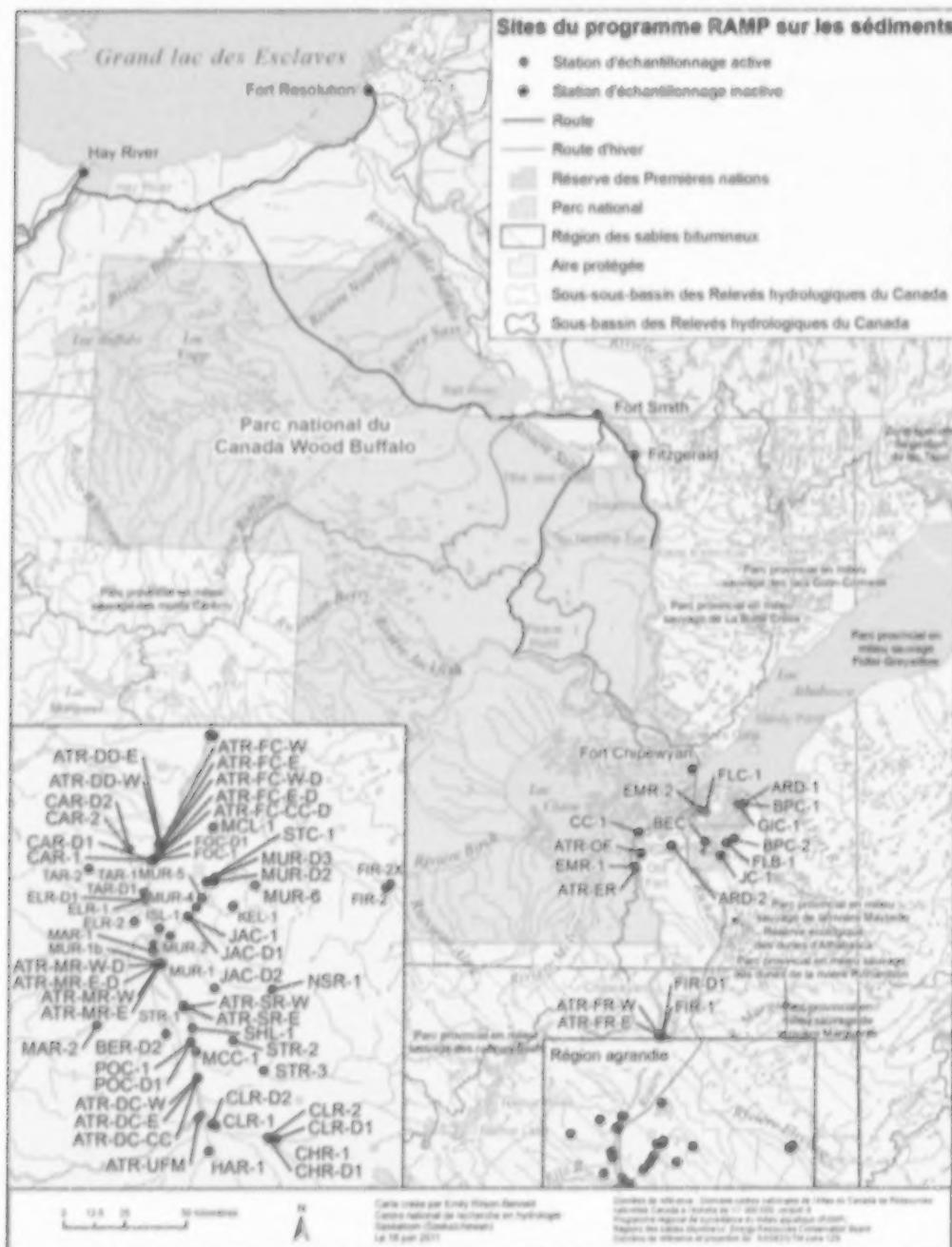


Figure 8 : Régions d'étude de Parcs Canada dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca pour connaître les étendues d'eau et le changement de la communauté végétale au fil du temps.



Figure 9 : Sites actifs et inactifs du programme RAMP dédiés à la surveillance de la qualité des sédiments et des invertébrés dans la région d'expansion géographique (avec ajout de la région dont la surface est exploitable).



Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Figure 10 : Sites actifs et inactifs du programme RAMP dédiés à la surveillance de la qualité des sédiments et des invertébrés dans la région du delta des rivières de la Paix et Athabasca.



Figure 11 : Usines de pâtes et papiers et mines de métaux visées par le Programme d'études de suivi des effets sur l'environnement, dans les bassins des rivières de la Paix et Athabasca.

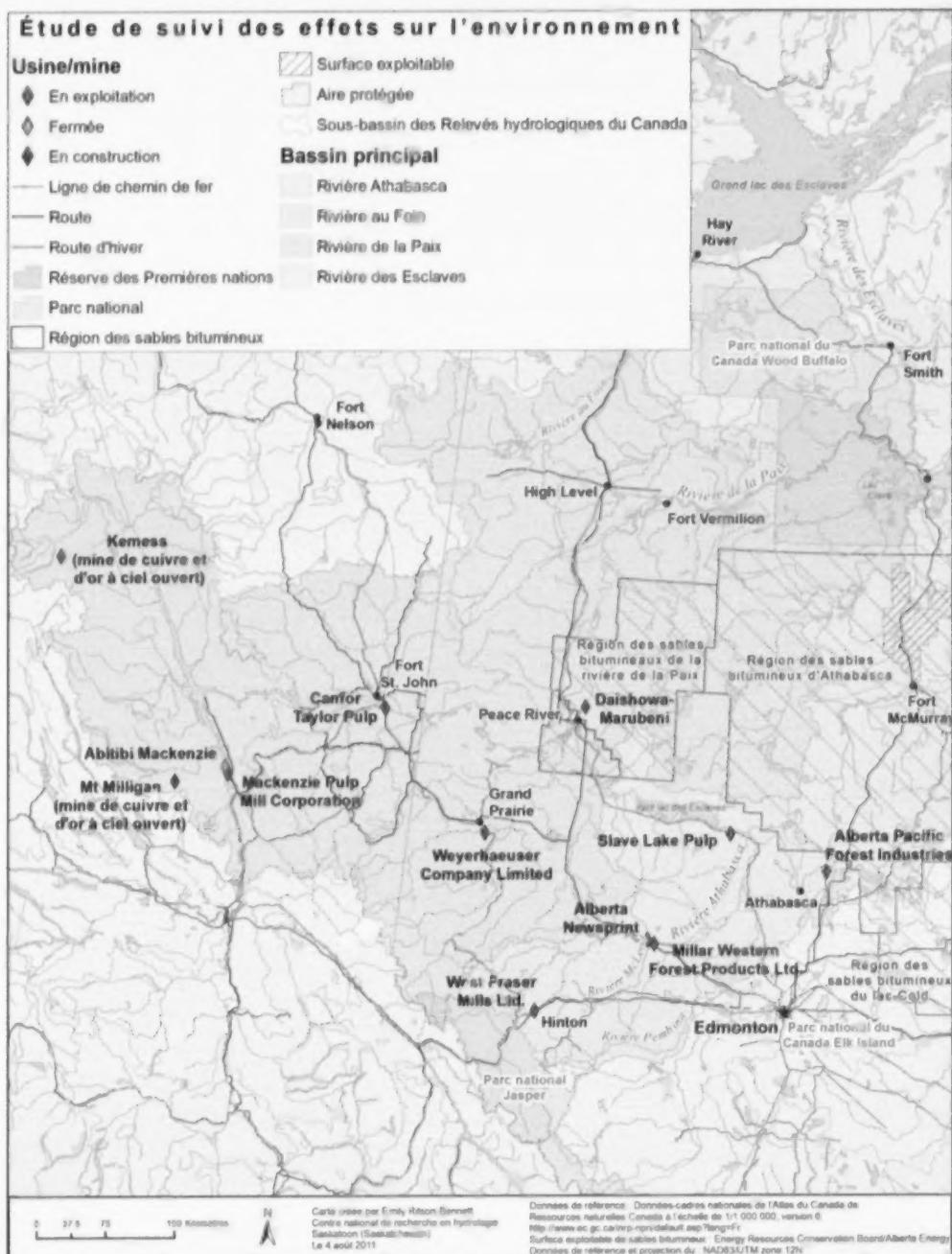


Figure 12 : Études ciblées passées : Sites de surveillance de la qualité de l'eau du projet AO SERP résumés par Corkum (1985).

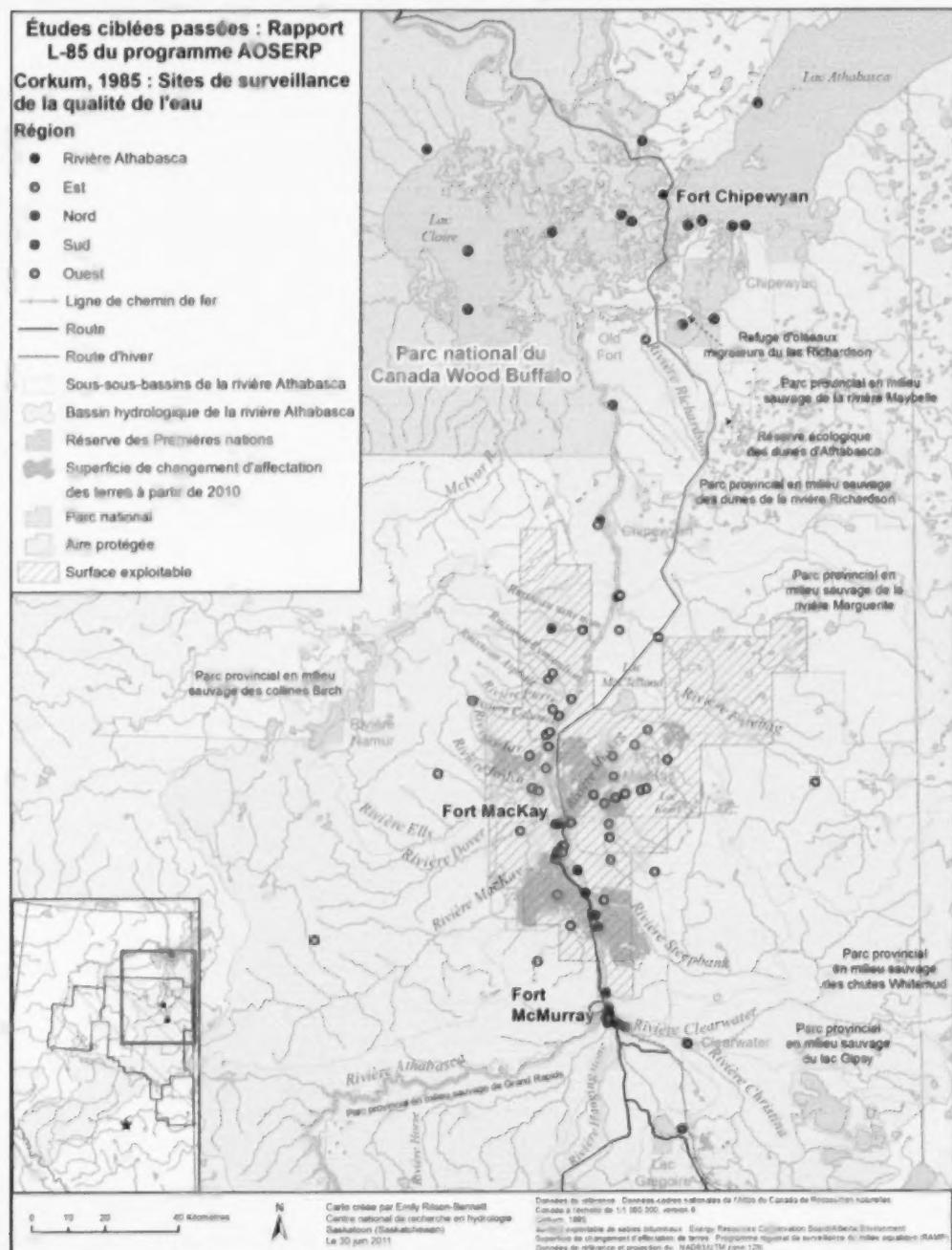


Figure 13 : Études ciblées passées : Sites d'échantillonnage du programme AOSERP pour les contaminants dans le biote aquatique (Lutz et Hendzel, 1976).

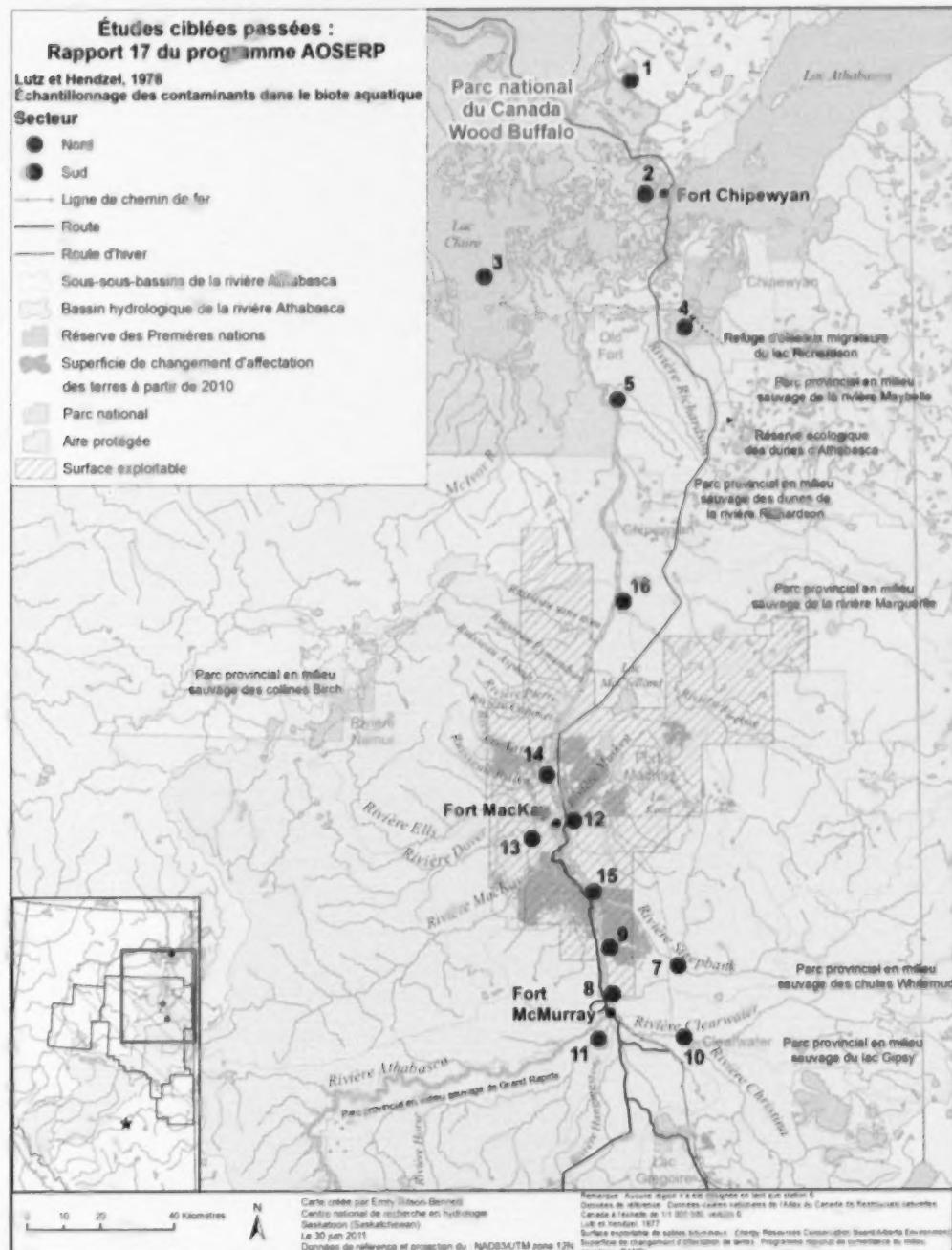


Figure 14 : Études ciblées passées : Échantillons de sédiments analysés dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord pour déceler la présence de métaux et les concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques.

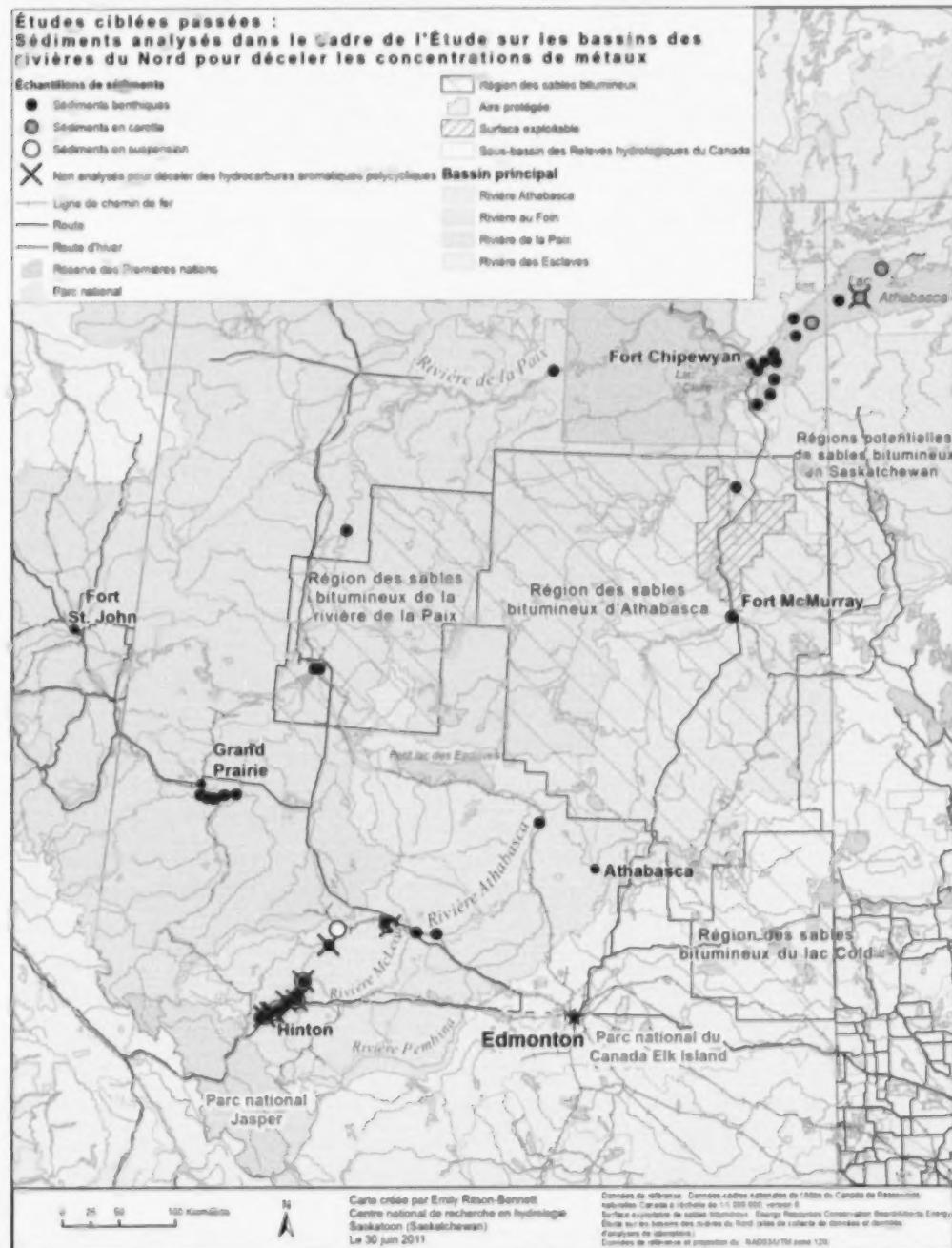
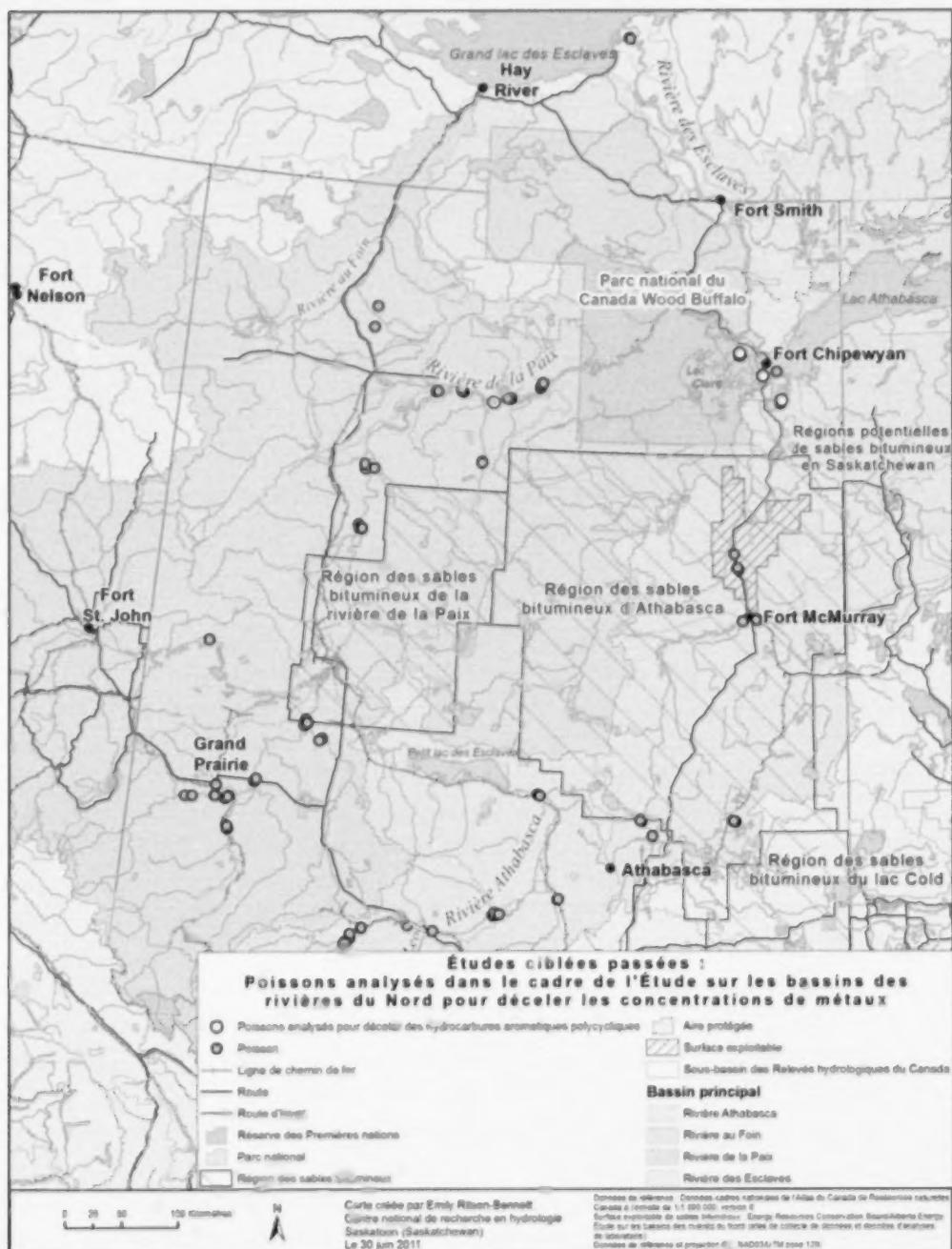


Figure 15 : Études ciblées passées : Échantillons de poissons analysés dans le cadre de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord pour déceler la présence de métaux et les concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques.



Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Figure 16 : Surveillance historique de la laquaiche aux yeux d'or dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca (Donald *et al.*, 2004).



Figure 17 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada dans les rivières de la Paix, Athabasca et des Esclaves, utilisées dans le passé pour estimer les charges sédimentaires.

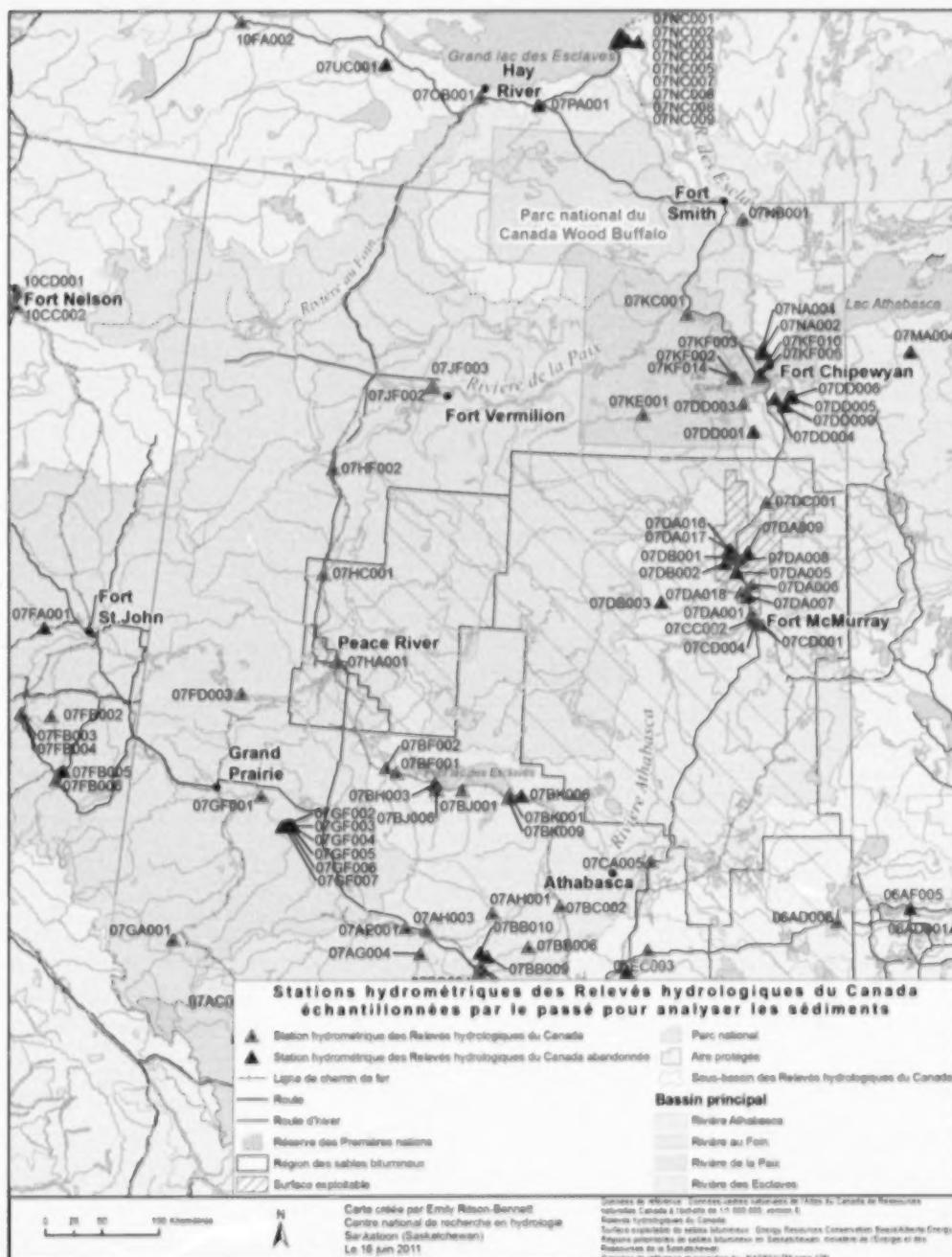
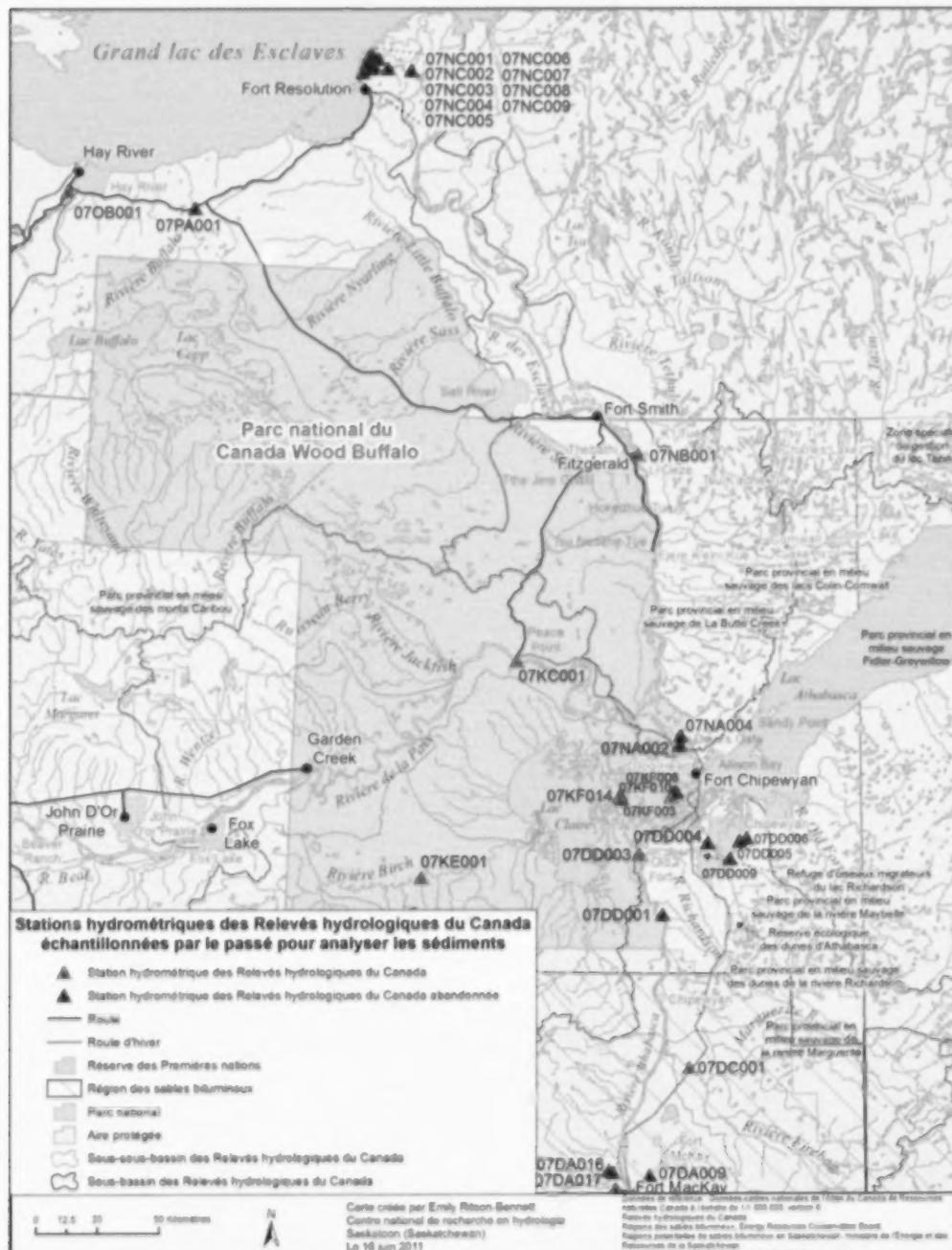


Figure 18 : Stations hydrométriques des Relevés hydrologiques du Canada dans la région d'expansion géographique utilisées dans le passé pour estimer les charges sédimentaires.



ANNEXE 1 : PARAMÈTRES ÉCHANTILLONNÉS DANS LE CADRE DES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE À LONG TERME ET DE CERTAINES ÉTUDES CIBLÉES

Le tableau suivant contient des renseignements précis sur les paramètres échantillonés dans le cadre d'importants programmes de surveillance et autres activités menés dans la région de l'étendue géographique élargie.

Note de l'Éditeur: **IMPORTANT!** Le contenu de l'Annexe 1 est de l'information historique précédant le Plan de surveillance intégré pour les sables bitumineux, et le Plan de mise en œuvre conjoint Canada-Alberta pour la surveillance visant les sables bitumineux. Les listes de paramètres, les sites et les fréquences d'échantillonnage de l'Alberta Environment et d'Environnement Canada comporteront des différences qui prendront effet à mesure que le Plan de mise en œuvre procédera.

Voici les normes de décision en vue de l'inclusion ou de l'exclusion des documents dans le tableau de données du deuxième volet de la phase 2 pour l'étendue géographique élargie.

Non inclus :

- les documents relatifs à la qualité de l'eau et des sédiments qui mentionnent des échantillonnages dans la zone géographique d'intérêt, mais seulement pour les contaminants habituellement associés aux effluents des usines de pâtes et papiers;
- les documents qui examinent les programmes d'échantillonnage au sein de la zone géographique d'intérêt, mais qui présentent exclusivement des données d'études, de rapports ou de programmes antérieurs (ils ne présentent pas de nouvelles données);
- les mesures hydrologiques ponctuelles (p. ex. débit, profondeur) prises au cours d'études ciblées sur la qualité de l'eau et des sédiments ou sur les poissons et le benthos;
- les bases de données;
- les documents qui prélèvent des échantillons aux fins d'analyse des contaminants, destinés à être présentés dans des rapports à venir (sources non citées).

Inclus :

- les documents qui présentent des sites d'échantillonnage dans la zone d'intérêt élargie (même s'il y en a seulement un ou deux parmi une majorité située à l'extérieur de la zone);
- les études de modélisation de la qualité de l'eau;
- les documents s'attardant à la composition de la communauté benthique et de la communauté de poissons. Les études indiquant des mesures de longueur des poissons, leur abondance et leurs déplacements sont incluses seulement si elles évaluent aussi la composition de la communauté de poissons.

Contractions utilisées au besoin dans le tableau :

AENV – LTRN : Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières du ministère de l'Environnement de l'Alberta (voir les figures 2 à 4)

EC : Environnement Canada, ou sites d'Environnement Canada ou de partenaires sur les rivières Athabasca, de la Paix et des Esclaves (voir les figures 2 à 4)

Étude de suivi des effets sur l'environnement : le programme ESEE est décrit à la section A.3.1 (voir la figure 11)

Programme RAMP : Regional Aquatics Monitoring Program, qui est décrit à la section A1.6 (voir les figures 9 et 10)

Annexe 1 : Tableau d'information sur les paramètres échantillonés et fréquence générale d'échantillonnage pour les programmes de surveillance à long terme, les recherches importantes et d'autres études sur la qualité de l'eau et des sédiments, l'hydrologie, les poissons et le benthos

dans la zone géographique élargie. Les symboles dans les cellules de chaque paramètre indiquent que ce paramètre a été échantillonné dans le cadre de ce programme ou de cette étude. AOERP (Projet de recherche environnementale sur les sables bitumineux de l'Alberta), NRBS (Étude sur les bassins des rivières du Nord ou EBRN) et NREI (Initiative des écosystèmes des rivières du Nord ou IERN) sont indiqués par un numéro d'étude; ainsi, le ou les nombres dans une cellule pour un paramètre donné renvoient au numéro de l'étude dans le cadre de laquelle le paramètre a été échantillonné. Les références croisées pour les numéros d'étude sont données dans le bas du sous-tableau A-1. Des notes sur des séries de paramètres propres à une seule étude ou à un seul programme sont également données au bas du tableau.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments											
	AADNC [éduque – échantillons ponctuels seulement; grès – contrats seulement; éduque et grès – échantillons ponctuels et contrats]		Surveillance de la qualité de l'Environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)		Surveillance de suivi du PSQERE		AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivères d'AENV	BC Environment	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP
	Surveillance régulière	Programme de surveillance de la qualité de l'Environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments						
Élement d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les annexes A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (en préparation)	Sanderson et al. (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010), idem (2007); Lowell et al. (2005)	Programme RAMP (2011), idem (2008), idem (2004)	Programme RAMP (2011), idem (2008)	
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1990-1996)	Oui (1990-1996)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS (tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver, au total ~ 10 fois par année); CENTRATS (4 fois par année)	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS (de 3 à 4 fois par année); CENTRATS (de 3 à 4 fois par année)	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnage saisonnier sur plusieurs sites.	De 2006 à aujourd'hui = échantillons prélevés de pair avec le calendrier des invertébrés benthiques
Métaux (T = total; D = dissous; E = extractible)												
Aluminium			T	T	T		TD	T	T	TD	TD	T
Antimoine			T	T	T		TD	T	TD	TD	TD	T
Arsenic	T	F	T	T	T		TD	T	T	TD	TD	T
Baryum			T	T	T		TD	T	TD	TD	TD	T
Béryllium			T	T	T		TD	T	TD	TD	TD	T
Bismuth			T	T	T		TD	T	TD	TD	TD	T
Bore			T	T	T		TD	T	TD	TD	TD	T
Cadmium	T	F	T	F	T		TD	TD	T	TD	TD	T
Chrome	T	F	T	F	T		TD	TD		TD	TD	T
Chrome hexavalent						T						
Cobalt	T	F	T	F	T		TD	T		TD	TD	T
Cuivre	T	F	T	F	T		TD	TD	T	TD	TD	T
Gallium										TD		
Fer	T	F	T	F	T		TD	TD	T	TD	TD	T
Lanthane										TD		
Plomb	T	F	T	F	T		TD	TD	T	TD	TD	T
Lithium					T		TD			TD	TD	T

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments											
	AADNC [italique – échantillons ponctuels seulement; gras – centrats seulement; <i>italique et gras</i> – échantillons ponctuels et centrats]					AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières d'AENV	BC Environment	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP	
	Surveillance régulière	Programme de surveillance de la qualité de l'Environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)		Surveillance de suivi du PSQERE								
Élement d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les sous-tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010); <i>idem</i> (2007), Lowell <i>et al.</i> (2005)	Programme RAMP (2011); <i>idem</i> (2009); <i>idem</i> (2004)	Programme RAMP (2011), <i>idem</i> (2009)	
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1990-1995)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ECHANTILLONS PONCTUELS [tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver, au total ~ 10 fois par année], CENTRATS [4 fois par année]	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [de 3 à 4 fois par année]; CENTRATS : [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnages saisonniers sur plusieurs sites.	De 2008 à aujourd'hui = échantillons prélevés de pair avec le calendrier des invertébrés benthiques ¹
Manganèse	T	T	T	T	T	TD	TD	T	TD	TD	TD	T
Mercure	T	T	T	T	T	T	TD	T	TD	TD	TD	T
Molybdène			T	T	T	TD	T	T	TD	TD	TD	T
Nickel	T	T	T	T	T	TD	T	T	TD	TD	TD	T
Rubidium				T					TD			
Sélénium		T	T	T	T	TD	T	T	TD	TD	TD	T
Argent			T	T	T	TD	T	T	TD	TD	TD	T
Strontium			T	T	T	TD	T		TD	TD	TD	T
Thallium				T	T	TD	T		TD	TD	TD	T
Thorium						TD				TD		
Étain			T	T	T	TD	T			TD	T	
Titane			T	T	T	TD	T			TD	T	
Uranium				T	T	TD		T	TD	TD	TD	T
Vanadium				T	T	TD	T		TD	TD	TD	T
Zinc	T	T	T	T	T	TD	TD	T	TD	TD	TD	T
Zirconium							T					
Métaux lourds												
Modélisation de la qualité de l'eau et des sédiments												

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments												
	Surveillanc e régulière	AADNC [italique – échantillons ponctuels seulement; gras – centraux seulement; italique et gras – échantillons ponctuels et centraux]				Surveillance de suivi du PSQERE	AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières d'AENV	BC Environ-ment	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP	
		Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)		Eau									
Élément d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les sous-tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (en préparation)	Sanderson et al. (en préparation)		A	A	B	Environnement Canada (2010); idem (2007), Lowell et al. (2005)		Programme RAMP (2011); idem (2009); idem (2004)	Programme RAMP (2011); idem (2009)
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1990-1995)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver; au total ~ 10 fois par année]. CENTRATS : [4 fois par année]	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [de 3 à 4 fois par année]; CENTRATS : [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnage saisonniers sur plusieurs sites.	De 2006 à aujourd'hui = échantillons prélevés de pair avec le calendrier des invertébrés benthiques ¹	
HAP													
1-méthynaphthalène							x			x			
3-méthyl-1,2-dihydrobenzoni/ acéanthrylène							x			x			
2-méthynaphthalène	x	x	x	x	x	x	x	x		x			
7,12-diméthylbenz(a)anthracène							x			x			
Benz(c)phénanthrène							x			x			
Naphthalène	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Acénaphthylène	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Acénaphthène	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Fluoréne	x	x	x	x	x	x				x	x	x	
Phénanthrène	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Anthracène				x	x	x	x	x		x	x	x	
Fluoranthrène	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Pyrène	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments												
	Surveillance régulière	AADNC [italique – échantillons ponctuels seulement; gras – centraux seulement; italique et gras – échantillons ponctuels et centraux]				AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières d'AENV	BC Environment	ECCC	Environnement Canada	Programme RAMP		
		Programme de surveillance de la qualité de l'Environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)		Surveillance de suivi du PSQERE									
Élement d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments		
Références (voir les sous-tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010); <i>idem</i> (2007); Lowell <i>et al.</i> (2005)	Programme RAMP (2011); <i>idem</i> (2008); <i>idem</i> (2004)	Programme RAMP (2011); <i>idem</i> (2009)		
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1990-1995)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver; au total ~ 10 fois par année]; CENTRAUX : [4 fois par année]		4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [de 3 à 4 fois par année], CENTRAUX : [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnages saisonniers sur plusieurs sites.	De 2006 à aujourd'hui = échantillons prélevés de pair avec le calendrier des invertébrés benthiques ¹
Benz[a]anthracène					x	x		x	x	x	x		
Chrysène					x	x		x	x	x	x		
Benzo[b]fluoranthène		x	x	x	x		x	x		x	x		
Benzo[k]fluoranthène					x	x		x	x	x	x		
Benzo[a]pyrène							x			x	x		
Benzo[a]pyrène	x	x	x	x			x	x		x	x		
Dibenzo[a,h]pyrène							x			x			
Dibenzo[a,i]pyrène							x			x			
Dibenzo[a,l]pyrène							x			x			
Pérylène		x	x	x	x		x			x			
Dibenzo[a,h]anthracène		x	x	x	x		x	x		x	x		
Indeno[1,2,3-c,d]pyrène		x	x	x	x		x	x		x	x		
Benzo[g,h,i]pérylène		x	x	x	x		x	x		x	x		
Acridine									x				

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments											
	AADNC [italique – échantillons ponctuels seulement; gras – centratis seulement; italique et gras – échantillons ponctuels et centratis]		Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)		Surveillance de suivi du PSQERE		AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières d'AENV	BC Environment	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP
	Surveillance régulière	Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)	Surveillance de suivi du PSQERE									
Élément d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les sous-tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (en préparation)	Sanderson et al. (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010); idem (2007); Lowell et al. (2005)	Programme RAMP (2011); idem (2009); idem (2004)	Programme RAMP (2011); idem (2009)	
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1980-1995)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003; 2006-2007)	Oui (2001-2003; 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver; au total ~ 10 fois par année]; CENTRATS : [4 fois par année]	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [de 3 à 4 fois par année]; CENTRATS : [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnages saisonniers sur plusieurs sites.	De 2006 à aujourd'hui = échantillons prélevés de pair avec le calendrier des inventaires benthiques
Méthylacénaphthène				x	x						x	x
Biphényle				x	x						x	x
Rétène						x			x	x		
Dibenzothiophène				x	x						x	x
Méthylbiphényle				x	x						x	x
Diméthylbiphényle											x	x
C1-benzofluoranthène/benzopyrènes										x	x	
C2-benzofluoranthène/benzopyrènes				x	x					x	x	
C3-fluoranthène/pyrènes											x	
											x	

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments											
	Surveillance régulière	AADNC [liquide - échantillons ponctuels seulement; gras - centraux seulement; liquide et gras - échantillons ponctuels et centraux]			AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières d'AENV	BC Environment	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP		
		Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)										
Élement d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (en préparation)	Sanderson et al. (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010), idem (2007); Lowell et al. (2005)	Programme RAMP (2011), idem (2009), idem (2004)	Programme RAMP (2011), idem (2009)	
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1990-1995)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : (tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver, au total ~ 10 fois par année); CENTRAUX [4 fois par année]	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [de 3 à 4 fois par année]; CENTRAUX [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnages saisonniers sur plusieurs sites.	De 2006 à aujourd'hui = échantillons prélevés de pair avec le calendrier des invertébrés benthiques
C1-naphthalènes											x	x
C2-naphthalènes				x	x						x	x
C3-naphthalènes				x	x						x	x
C4-naphthalènes				x	x						x	x
C1-fluorènes											x	x
C2-fluorènes				x	x						x	x
C3-fluorènes											x	x
C4-fluorènes											x	x
C1-dibenzothiophènes											x	x
C2-dibenzothiophènes				x	x						x	x
C3-dibenzothiophènes				x	x						x	x
C4-dibenzothiophènes				x	x						x	x

1 - Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments										
	Surveillance régulière	AANDC [halogénés – échantillons ponctuels seulement; gras – centrats seulement; halogénés et gras – échantillons ponctuels et centrifugés]		Surveillance de suivi du PSQERE	AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivères d'AENV	BC Environment	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP	
		Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)	Eau							Eau	Sédiments
Élement d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les sous-tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (1997)	Sanderson et al. (en préparation)	Sanderson et al. (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010), idem (2007), Lowell et al. (2005)	Programme RAMP (2011), idem (2009), idem (2004)	Programme RAMP (2011), idem (2009)
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1980-1990)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ÉCHANTILLONNS PONCTUELS : [tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver, au total ~ 10 fois par année]; CENTRATS : [4 fois par année].	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [de 3 à 4 fois par année]; CENTRATS : [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnage si saisonnier sur plusieurs sites.
C1-phénanthrènes/anthracènes											X X
C2-phénanthrènes/anthracènes					X X						X X
C3-phénanthrènes/anthracènes					X X						X X
C4-phénanthrènes/anthracènes					X X						X X
C1-fluoranthènes/phytènes					X X						X X
C2-fluoranthènes/phytènes					X X						X
C3-fluoranthènes/phytènes					X X						X
C4-fluoranthènes/phytènes					X X						

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments										
	AADNC [eau – échantillons ponctuels seulement; sédiments – centraux seulement; eau et sédiment – échantillons ponctuels et centraux]					AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières d'AENV	BC Environment	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP
	Surveillance régulière	Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)	Surveillance de suivi du PSQERE								
Élement d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les sous-tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Senderson et al. (1997)	Senderson et al. (1997)	Sanderson et al. (en préparation)	Sanderson et al. (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010); idem (2007); Lowell et al. (2005)	Programme RAMP (2011); idem (2009); idem (2004)	Programme RAMP (2011); idem (2009)
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1990-1995)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS [tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver, au total ~ 10 fois par année]; CENTRAUX [4 fois par année]	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS [de 3 à 4 fois par année]; CENTRAUX [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnage saisonnier sur plusieurs sites.
C1-benz[a]anthracènes/chrysènes											X
C2-benz[a]anthracènes/chrysènes											X
C1-chrysène											
C2-chrysène											
C3-chrysène											
C4-chrysène											
Acides naphéniques											X
Total							X		X		X
Éléments nutritifs											
COD				X		X	X		X		X
CID											X
COT			X	X	X		X	X	X		X
COP											
DKN											
Azote total Kjeldahl	X			X		X	X	X	X		X
DON											

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments												
	AADNC [italique – échantillons ponctuels seulement; gras – centraux seulement; italique et gras – échantillons ponctuels et centraux]						AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières d'AENV	BC Environnement	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP	
	Surveillance régulière	Programme de surveillance de la qualité de l'Environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)		Surveillance de suivi du PSQERE									
Élément d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les sous-tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010), <i>idem</i> (2007), Lowell <i>et al.</i> (2005)	Programme RAMP (2011); <i>idem</i> (2009); <i>idem</i> (2004)	Programme RAMP (2011); <i>idem</i> (2008)		
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1990-1995)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ECHANTILLONS PONCTUELS [tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver, au total ~ 10 fois par année], CENTRAUX : [4 fois par année]	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [de 3 à 4 fois par année], CENTRAUX : [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnages saisonniers sur plusieurs sites.	De 2006 à aujourd'hui = échantillons prélevés de pair avec le calendrier des invertébrés benthiques ¹	
PON													
U.N.T													
NGL													
TIN													
NH ₄													
Azote d'ammoniac	x	x					x			x	x		
Nitrate + nitrite	x	x		x		x		x		x	x		
Chlorophylle a						x	x			x	x		
PRS													
PT	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
PTD		x		x		x	x			x	x		
Silice réactive				x			x	x					
ions majeurs													
Calcium	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Potassium	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Magnésium	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Sodium	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Sulfure	x			x						x	x		
Sulfate	x	x		x		x	x	x	x	x	x		
Chlorure	x	x		x		x	x	x	x	x	x		

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments										
	AADNC [italique – échantillons ponctuels seulement; gras – centraux seulement; <i>italique et gras</i> – échantillons ponctuels et centraux]					AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières d'AENV	BC Environment	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP
	Surveillance régulière	Programme de surveillance de la qualité de l'Environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)	Surveillance de suivi du PSQERE								
Élement d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les sous-tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010); <i>idem</i> (2007); Lowell <i>et al.</i> (2005)	Programme RAMP (2011); <i>idem</i> (2009); <i>idem</i> (2004)	Programme RAMP (2011); <i>idem</i> (2009)
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1990-1995)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver, au total ~ 10 fois par année]; CENTRAUX : [4 fois par année]	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [de 3 à 4 fois par année]; CENTRAUX : [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnages saisonniers sur plusieurs sites.
Fluorure											
Silicium											x
Dureté	x	x		x		x	x	x	x	x	x
Alcalinité	x	x		x		x	x	x	x	x	x
Bicarbonate						x	x		x		x
Paramètres physiques											
Conductivité/condensance	x	x		x		x	x		x	x	x
pH	x	x		x		x	x	x	x	x	x
Température				x		x	x	x	x	x	x
Turbidité	x	x		x		x	x		x		x
MDT	x	x		x		x	x		x		x
TSS	x	x		x		x	x	x	x	x	x
DBO		x		x		x			x		x
Couleur	x	x		x		x	x		x		x
Hydrocarbures pétroliers (BTEX)											
Benzène						x			x		x
Toluène						x			x		x
Éthylène						x			x		x

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Qualité de l'eau et des sédiments											
	Surveillance régulière	AADCN [italique – échantillons ponctuels seulement; gras – contrats seulement; italique et gras – échantillons ponctuels et centraux]			Surveillance de suivi du PSQERE	AENV Lake Monitoring	Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières d'AENV	BC Environment	ESEE	Environnement Canada	Programme RAMP	
		Programme de surveillance de la qualité de l'Environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)	Eau	Sédiments							Eau	Sédiments
Élement d'intérêt	Eau	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments
Références (voir les sous-tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)		Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	Sanderson <i>et al.</i> (en préparation)	A	A	B	Environnement Canada (2010); <i>idem</i> (2007); Lowell <i>et al.</i> (2005)	Programme RAMP (2011); <i>idem</i> (2008); <i>idem</i> (2004)	Programme RAMP (2011); <i>idem</i> (2009)	
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui (de 1982 à aujourd'hui)	Oui (1990-1995)	Oui (1990-1995)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui (2001-2003, 2006-2007)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fréquence générale d'échantillonnage	2 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [tous les mois pendant la saison des eaux libres, de façon opportuniste pendant l'hiver, au total ~ 10 fois par année]; CENTRAUX : [4 fois par année]	4 fois par année	ÉCHANTILLONS PONCTUELS : [de 3 à 4 fois par année]; CENTRAUX : [de 3 à 4 fois par année]	de 3 à 4 fois par année	Une fois par mois pendant la saison des eaux libres	Une fois par mois	Variable	4 fois par année	Une fois par mois	Échantillonnage saisonnier au cours des 3 premières années sur un nouveau site, puis une fois par an (à l'automne) avec peu d'échantillonnages saisonniers sur plusieurs sites.	De 2006 à aujourd'hui = échantillons prélevés de pair avec le calendrier des invertébrés benthiques ¹
Xylène						x			x			x
Hydrocarbures pétroliers 4-fraction CCME						x (depuis 2008)						
F1 (C8-C10)								x				x
F2 (C10-C16)								x				x
F3 (C16-C34)								x				x
F4 (C34-C50)								x				x
Huiles et graisses												
Colorimétrie												
Gravimétrie												
Cyanure						x		x	x			
Autres matières organiques, y compris les pesticides (varie en fonction du projet ou du programme)	Remarque 1a	Remarque 1b	Remarque 2a	Remarque 2b	Remarque 3							

1 – Avant 2006 = échantillonnage annuel pendant les 3 premières années, puis une fois tous les 3 ans pour les sites dans les bassins versants avec des stations du programme RAMP préexistantes.

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance et études de recherche : Qualité de l'eau et des sédiments						Études de recherche et de surveillance : Qualité de l'eau et des sédiments								
	AOERP		EBRN		IERN	Summers (1978)	Noton et Shaw (1989)	Shaw et al. (1990)	Evans et al. (1998a)		Stone et English (1996)	Milburn et al. (2000)	Evans et al. (2005)	Pavelsky et Smith (2009)	Kelly et al. (2009); idem (2010)
Élément d'intérêt	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	17 / 123 / 71 / L-74 / L-65	17 / 34 / 123	112 / 131	71 / 72 / 99 / 106 / 134 / 135 / 136	26										
Plus de 5 années de données dans le programme															
Fréquence générale d'échantillonnage	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	2 fois (1997)		5 fois (1988-1989)	7 fois (1988-1989)		3 fois (1996-1997)			de 1 à 25 fois tous les 2 ans, selon le site		de 3 à 10 fois (2003-2005)
Métaux (T = total; D = dissout; E = extractible)															
Aluminium	L-85[E]	34		99			E	TD	T	T	T				
Antimoine										T				TD	
Arsenic	17, L-85[TD]	17, 34		72, 99, 135	26		T	TD	TD	T	T	T			TD
Baryum		34						TD		T					
Béryllium		34					E	TD							TD
Bismuth										T					
Bore	L-85[TD]							TD							
Cadmium	17, L-85[E], L-74[E]	17		72, 99, 135	26		T	TD	TD	T	T	T			TD
Chrome	17, L-74[E]	17, 34		72, 99, 135	26		T	TD	TD	T	T	T			TD
Chrome hexavalent	L-85						TD								
Cobalt	L-85[E], L-74[E]	34			26		T	TD			T				
Cuivre	17, L-85[E], L-74[E]	17, 34		72, 99, 135			T	TD	TD	T	T	T			TD
Gallium															
Fer	17, L-85[E], L-71, L-74[E]	17, 34		99			E	TD	TD	T	T	T			
Lanthane															
Plomb	17, L-85[E], L-74[E]	17, 34		72, 99, 135	26		T	TD	TD	T	T	T			TD
Lithium															
Manganèse	17, L-85[E], L-71, L-74[E]	17, 34		99	26		T	TD	TD	T	T	T			

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance et études de recherche : Qualité de l'eau et des sédiments						Études de recherche et de surveillance : Qualité de l'eau et des sédiments									
	AOERP		EBRN		IERN	Summers (1978)	Noton et Shaw (1999)	Shaw et al. (1990)	Evans et al. (1998a)		Stone et English (1998)	Millburn et al. (2000)	Evans et al. (2005)	Paveisky et Smith (2009)	Kelly et al. (2009); idem (2010)	Sokal et al. (2010)
Élément d'intérêt	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	17 / 123 / 71 / L-74 / L-85	17 / 34 / 123	112 / 131	71 / 72 / 99 / 106 / 134 / 135 / 136	26											
Plus de 5 années de données dans le programme																
Fréquence générale d'échantillonnage	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	2 fois (1997)		5 fois (1988-1989)	7 fois (1988-1989)		3 fois (1996-1997)				de 1 à 25 fois tous les 2 ans, selon le site		de 3 à 10 fois (2003-2006)
Mercure	17, L-85[T], L-74[E]	17, 34		71, 72, 99, 106	26		T	T		T	T	T	T			TD
Molybdène							T	TD								
Nickel	17, L-85[E], L-74[E]	17, 34		99, 135	26		T	TD	TD	T	T					TD
Rubidium												T				
Sélénium	L-85[TD]	17		99			T	TD		T						TD
Argent	L-85[E]							TD			T					TD
Strontium		34									T					TD
Thallium										T						TD
Thorium										T						
Étain										T						
Titanium		34								T	T					
Uranium										T						
Vanadium	17, L-85[T]	17, 34		72, 99			T	TD	TD	T	T					
Zinc	17, L-85[E], L-74[E]	17, 34		72, 99, 135	26		T	TD	TD	T	T					TD
Zirconium												T				
Métaux lourds																
Modélisation de la qualité de l'eau et des sédiments			112	#												
HAP																
1-méthynaphthalène				72, 99												
3-méthyl-1,2-dihydrobenzon/jaceanthryème				99												
2-méthynaphthalène				72												

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance et études de recherche : Qualité de l'eau et des sédiments						Études de recherche et de surveillance : Qualité de l'eau et des sédiments								
	AOERP		EBRN		IERN	Summers (1970)	Noton et Shaw (1989)	Shaw et al. (1990)	Evans et al. (1990a)		Stone et English (1990)	Milburn et al. (2000)	Evans et al. (2000)	Pavelsky et Smith (2009)	Kelly et al. (2009); idem (2010)
Élément d'intérêt	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	17 / 123 / 71 / L-74 / L-85	17 / 34 / 123	112 / 131	71 / 72 / 99 / 106 / 134 / 135 / 136	26										
Plus de 5 années de données dans le programme															
Fréquence générale d'échantillonnage	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	2 fois (1997)		5 fois (1986-1989)	7 fois (1988-1990)		3 fois (1996-1997)			de 1 à 25 fois tous les 2 ans, selon le site		de 3 à 10 fois (2003-2005)
7,12-diméthylbenz(a)anthracène															
Benzo(c)phénanthrène															
Naphthalène				72, 99, 106, 134	26		x	x						x	
Acénaphthylène				99, 106			x	x						x	
Acénaphthène				99, 106	26		x	x						x	
Fluoréne				72, 99, 106	26		x	x						x	
Phénanthrène				72, 99, 106, 134	26		x	x						x	
Anthracène				99, 106			x	x						x	
Fluoranthrène				72, 99, 106, 134	26		x	x						x	
Pyréne				72, 99, 106, 134	26		x	x						x	
Benz[a]anthracène				99, 106, 134			x	x						x	
Chrysène				99, 106, 134			x	x						x	
Benzo(b)fluoranthène				72, 99, 106, 134	26		x	x						x	
Benzo(a)fluoranthène				72, 99, 106	26		x	x						x	
Benzo[e]pyrène				99, 106											
Benzo[a]pyrène				72, 99, 106, 134	26		x	x						x	
Dibenzo[a,h]pyrène															
Dibenzo[a,j]pyrène															
Dibenzo[a,l]pyrène															
Pérylène				99, 106	26		x	x							
Dibenzo[a,h]anthracène				99, 106, 134	26		x	x						x	
Indeno[1,2,3-c,d]pyrène				99, 106, 134	26		x	x						x	

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance et études de recherche : Qualité de l'eau et des sédiments					Études de recherche et de surveillance : Qualité de l'eau et des sédiments									
	AOERP		EBRN		IERN	Summers (1978)	Noton et Shaw (1999)	Shaw et al. (1990)	Evans et al. (1990a)		Stone et English (1998)	Milburn et al. (2000)	Evans et al. (2008)	Pavlosky et Smith (2009)	Kelly et al. (2009); idem (2010)
Élément d'intérêt	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	17 / 123 / 71 / L-74 / L-85	17 / 34 / 123	112 / 131	71 / 72 / 90 / 106 / 134 / 135 / 136	26										
Plus de 5 années de données dans le programme															
Fréquence générale d'échantillonnage	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	2 fois (1997)		5 fois (1988-1990)	7 fois (1988-1990)		3 fois (1996-1997)			de 1 à 25 fois tous les 2 ans, selon le site		de 3 à 10 fois (2003-2005)
Benzo[g,h,i]perylene				72, 99, 106, 134	26		x	x						x	
Acridine															
Méthyl-acénaphthène															x
Biphenyle															x
Retène				99, 106											x
Dibenzothiophène				99, 106											x
Méthyl-biphenyle															
Diméthyl-biphenyle															
C1-benzofluoranthène/benzopyrénés															x
C2-benzofluoranthène/benzopyrénés															x
C2-fluoranthène/byrénés															
C3-fluoranthène/byrénés															
C1-naphthalénes				106										x	
C2-naphthalénes				106										x	
C3-naphthalénes				106										x	
C4-naphthalénes				106										x	
C1-fluorénés														x	
C2-fluorénés														x	
C3-fluorénés														x	
C4-fluorénés														x	

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance et études de recherche : Qualité de l'eau et des sédiments			Études de recherche et de surveillance : Qualité de l'eau et des sédiments											
	AOERP		EBRN		IERN	Summers (1978)	Noton et Shaw (1989)	Shaw et al. (1990)	Evans et al. (1998a)		Stone et English (1998)	Milburn et al. (2000)	Evans et al. (2008)	Pavelsky et Smith (2009)	Kelly et al. (2009; idem 2010)
Élément d'intérêt	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	17 / 123 / 71 / L-74 / L-85	17 / 34 / 123	112 / 131	71 / 72 / 98 / 106 / 134 / 135 / 136	26										
Plus de 5 années de données dans le programme															
Fréquence générale d'échantillonnage	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	2 fois (1997)		5 fois (1988-1989)	7 fois (1988-1989)			3 fois (1996-1997)			de 1 à 25 fois tous les 2 ans, selon le site	de 3 à 10 fois (2003-2005)
C1-dibenzothiophène					106										x
C2-dibenzothiophènes					106										x
C3-dibenzothiophènes															x
C4-dibenzothiophènes															x
C1-phénanthrenes/anthracènes															x
C2-phénanthrenes/anthracènes															x
C3-phénanthrenes/anthracènes															x
C4-phénanthrenes/anthracènes															x
C1-fluoranthènes/pyrènes					106										x
C2-fluoranthènes/pyrènes					106										x
C3-fluoranthènes/pyrènes					106										x
C4-fluoranthènes/pyrènes					106										x
C1-benz[a]anthracènes/chrysènes															

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance et études de recherche : Qualité de l'eau et des sédiments						Études de recherche et de surveillance : Qualité de l'eau et des sédiments									
	AOERP		EBRN		IERN	Summers (1978)	Noton et Shaw (1989)	Shaw et al. (1990)	Evans et al. (1996a)		Stone et English (1998)	Milburn et al. (2000)	Evans et al. (2005)	Pavelsky et Smith (2009); idem (2010)	Kelly et al. (2009); idem (2010)	Sokal et al. (2010)
Élément d'intérêt	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	17 / 123 / 71 / L-74 / L-85	17 / 34 / 123	112 / 131	71 / 72 / 99 / 106 / 134 / 135 / 136	26											
Plus de 5 années de données dans le programme																
Fréquence générale d'échantillonnage	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	2 fois (1997)		5 fois (1988-1989)	7 fois (1988-1989)		3 fois (1996-1997)			de 1 à 25 fois tous les 2 ans, selon le site		de 3 à 10 fois (2003-2005)	
C2-benz[a]anthracènes/chrysènes																
C1-chrysène														x		
C2-chrysène														x		
C3-chrysène														x		
C4-chrysène														x		
Acides naphténiques																
Total																
Éléments nutritifs														x		x
COD		131					x	x					x			x
CID	71					x										
COT	34		71, 72, 98, 135					x								
COP		131							x							
DIN										x						
Azote total Kjeldahl	L-74	34	#				x	x								x
DON																
PON			131													
UNT	71								x							
NGL								x								
TIN																
NH ₄																
Azote d'ammoniac	71						x	x	x							
Nitrate + nitrite	71	131				x	x	x	x							
Chlorophylle a	71, L-74	131							x							x
PRS																
PT		131	#			x	x	x	x		x	x				x
PTD	71	131					x	x	x							x
Silice réactive	L-85, L-74					x	x	x	x							x
Ions majeurs																

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance et études de recherche : Qualité de l'eau et des sédiments						Études de recherche et de surveillance : Qualité de l'eau et des sédiments									
	AOERP		EBRN		IERN	Summers (1978)	Noton et Shaw <i>et al.</i> (1989)	Shaw <i>et al.</i> (1990)	Evans <i>et al.</i> (1996a)		Stone et English (1996)	Milburn <i>et al.</i> (2000)	Evans <i>et al.</i> (2005)	Pavelsky et Smith (2009)	Kelly <i>et al.</i> (2009); idem (2010)	Sokal <i>et al.</i> (2010)
Élément d'intérêt	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	17 / 123 / 71 / L-74 / L-85	17 / 34 / 123	112 / 131	71 / 72 / 99 / 106 / 134 / 135 / 136	26											
Plus de 5 années de données dans le programme																
Fréquence générale d'échantillonnage	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	2 fois (1997)		5 fois (1988-1989)	7 fois (1988-1989)		3 fois (1996-1997)				de 1 à 25 fois tous les 2 ans, selon le site		de 3 à 10 fois (2003-2005)
Calcium	L-85, 71, L-74	34				x	x	x			x	x				x
Potassium	123, L-85, 71, L-74						x	x			x	x				x
Magnésium	123, L-85, 71, L-74	34					x	x			x	x				x
Sodium	123, L-85, 71, L-74	34						x			x	x				x
Sulfure																
Sulfate	123, L-85, 71, L-74					x	x	x								x
Chlorure	123, L-85, 71, L-74					x	x	x			x					x
Fluorure	L-85, L-74						x	x			x					
Silicium	71										x	x				
Dureté	L-85, L-74					x	x	x								
Alcalinité	L-85, 71, L-74					x	x	x								x
Bicarbonate	123, L-85						x	x								
Paramètres physiques																
Conductivité/conductance	123, L-85, L-74	131					x	x	x				x	x		x
pH	123, L-85, 71, L-74	131				x	x	x	x				x			x
Température	123, L-85, 71	131				x	x	x	x				x	x		x
Turbidité	123, L-85, L-74					x		x	x					x		
MDT	L-74						x	x								

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance et études de recherche : Qualité de l'eau et des sédiments						Études de recherche et de surveillance : Qualité de l'eau et des sédiments									
	AOERP		EBRN		IERN		Summers (1978)	Noton et Shaw <i>et al.</i> (1989)	Shaw <i>et al.</i> (1990)	Evans <i>et al.</i> (1996a)		Stone et English (1996)	Milburn <i>et al.</i> (2000)	Evans <i>et al.</i> (2005)	Pavelsky et Smith (2009)	Kelly <i>et al.</i> (2009); idem (2010)
Élément d'intérêt	Eau	Sédiments	Eau	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Eau	Eau	Eau	Eau
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	17 / 123 / 71 / L-74 / L-85	17 / 34 / 123	112 / 131	71 / 72 / 99 / 106 / 134 / 135 / 136	26											
Plus de 5 années de données dans le programme																
Fréquence générale d'échantillonnage	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet	2 fois (1997)		5 fois (1988-1989)	7 fois (1988-1989)		3 fois (1996-1997)				de 1 à 25 fois tous les 2 ans, selon le site		de 3 à 10 fois (2003-2005)
TSS	123, L-85, L-74							x	x					x		
D6O							x	x								
Couleur	71, L-74					x	x	x								
Hydrocarbures pétroliers (BTEX)																
Benzène							x									
Toluène							x									
Éthylène																
Xylène																
F1 (C6-C10)					72											
F2 (C10-C16)					72											
F3 (C16-C34)					72											
F4 (C34-C50)					72											
Huiles et graisses																
Colorimétrie	L-85, L-74						x	x								
Gravimétrie																
Cyanure								x								
Autres matières organiques, y compris les pesticides (variable)					Remarques 4, 5, 6 et 7	Remarque 8		Remarque 9								

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Hydrologie						Programmes de surveillance et études de recherche : Hydrologie						Études de recherche et de surveillance : Hydrologie			
	AADNC	AE	AE/Division des relevés hydrologiques du Canada d'EC	BC Environnement	BC Hydro	Programme RAMP	AOSEERP	EBRN	IERN	Prowse et Conly (1998)	Leconte et al. (2006)	Pavelsky et Smith (2009)	Beitaos (2008); idem (2007); idem (2003); Beitaos et Carter (2008); Beitaos et al. (2006)	Andrishak et Hicks (2011)		
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	C	D	E	F	G	Programme RAMP (2011); idem (2000)	60 / 123 / 40 / 18	43 / 74 / 76 / 77 / 102 / 103 / 122 / 146	17 / 26							
Plus de 5 années de données dans le programme	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui							
Fréquence générale d'échantillonnage	Tous les ans	Tous les mois au cours de l'hiver et du printemps (manuel) + en temps quasi réel (automatisé)	En temps quasi réel (automatisé)	8 fois par année + en temps quasi réel (automatisé)	En temps quasi réel (automatisé)	Relevés nivrométriques = 3 fois par hiver; débit et niveau d'eau = 10 fois par année (manuel) + en temps quasi réel (automatisé)	Varie selon le projet	Varie selon le projet	Varie selon le projet			de 1 à 25 fois tous les 2 ans (manuel) + en temps quasi réel (automatisé)				
Surveillance hydrologique, débit				x						26			x			
Surveillance hydrologique, niveau d'eau		x	x			x	x	60, 40, 18					x			
Glace et inondations causées par les embâcles									74, 103, 122, 146	17	x	x	2003, 2006, 2007, 2008, 2009		x	
Effets de la régularisation du débit								123	43, 74, 77, 102, 103, 122, 146	17, 26	x		2006			
Modélisation hydrologique									43, 76, 77, 103, 122	17	x	x	2003, 2006, 2007, 2008, 2009		x	
Mesures de l'épaisseur de la neige	x	x		x		x										

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

Paramètres	Programmes de surveillance à long terme : Biologie				Programmes de surveillance et études de recherche : Biologie		
	AADNC		ESEE	Programme RAMP	AOERP	EBRN	IERN
Programme de surveillance des poissons de Fort Resolution	Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves (PSQERE)						
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)	Lafontaine (1997)	McCarthy <i>et al.</i> (1997); Sanderson <i>et al.</i> (1997)	Environnement Canada (2010), <i>idem</i> (2007); Lowell <i>et al.</i> (2005)	Programme RAMP (2011), <i>idem</i> (2009)	2 / 17 / 89	9 / 20 / 26 / 61 / 74 / 119 / 135	18
Plus de 5 années de données dans le programme	Aucun (1992-1993)	Oui (1990-1995)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fréquence générale d'échantillonnage	83 poissons échantillonnés (1992-1993)	2 fois par année (saison des eaux libres + sous la glace)	Une fois tous les 2 à 6 ans, selon le programme	Poissons = surveillance annuelle, bien que les activités soient variables sur le plan spatial et temporel, benthos = échantillonnage de départ annuel pour les 3 premières années, puis la fréquence dépend de la demande ou de l'intensité des opérations de sables illuminés à l'échelle locale	Varie selon le projet	Varie selon le projet	
Poissons							
Mesure (longueur)	x	x	x	x	2, 89	9, 20, 26, 61, 118	
Données sur les populations selon l'espèce					2, 89	9, 61, 118	
Composition de la communauté			x		89	119	
Contaminants des tissus	Métaux	x	x		17		
	Radionucléides					26	
	Mercure	x	x	x	17		
	PC	x					
	OCP	x			17		
	BPC	x			17		
	PCDD/PCDF	x	x				
	HAP	x					
Perturbation endocrinienne			x				
Déplacements et utilisation de l'habitat					2, 89	9	
Invertébrés benthiques							
Composition de la communauté		x	x	x			
Essais d'éco toxicité			x	x		135	
Contaminants des tissus	Métaux				17		
	Radionucléides						
	Mercure						
	PC						
	OCP						
	BPC						
	PCDD/PCDF						
	HAP						
Végétation							
Etudes de la végétation			x		74	18	

Activités de surveillance actuelles et historiques de l'eau pour la phase 2 de la zone d'expansion géographique (jusqu'en 2011)

		Études de recherche et de surveillance : Biologie									
Paramètres		Donald et Kooyman (1977b)	Summers (1978)	Kristensen (1981); Kristensen et Summers (1981)	McCart et al. (1982)	Shaw et al. (1980)	Evans et al. (1998a)	Tetreault et al. (2003)	Evans et al. (2005)	Première Nation de Fort Chipewyan et CNRL (2006)	Donald et Sardella (2010)
Références (voir les tableaux A.1 et A.2 pour les références croisées)										Hoffield Consultants Ltd. (2006)	
Plus de 5 années de données dans le programme											
Fréquence générale d'échantillonnage	4 375 poissons échantillonnés (1972-1975)			9 906 poissons échantillonnés (1976-1977)		7 fois (1986-1989)		481 poissons échantillonnés (1999-2000)		116 poissons échantillonnés (2005)	80 poissons échantillonnés (2002-2005)
Poissons											
Mesure (longueur)		X	X	X	X		X	X	X		
Données sur les populations selon l'espèce		X	X	X	X						
Composition de la communauté										X	
Contaminants des tissus	Métaux								X	X	
	Radionucléides									X	
	Mercure								X	X	X
	PC										
	OCP										
	BPC										
	PCDD/PCDF										
Contaminants des tissus	HAP										
Perturbation endocrinienne								X			
Déplacements et utilisation de l'habitat		X	X	X	X						
Invertébrés benthiques											
Composition de la communauté						X					
Essais d'écotoxicité											
Métaux											
Contaminants des tissus	Radionucléides										
	Mercure										
	PC										
	OCP										
	BPC										
	PCDD/PCDF										
	HAP										
Végétation											
Etudes de la végétation				X							

Remarque 1a : Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves – Analyse des paramètres hydriques du centrat

2-chlorophénol, 4-chlorophénol, 2,4-dichlorophénol, 2,6-dichlorophénol, 2,4,5-trichlorophénol, 2,4,6-trichlorophénol, 2,3,4,6-tétrachlorophénol, pentachlorophénol, 2,4-diméthylphénol, 2-nitrophénol, 4-nitrophénol, 2,4-dinitrophénol, 2-méthyl-4,6-dinitrophénol, 4-chlorocatéchol, 3,4-dichlorocatéchol, 3,5-dichlorocatéchol, 3,6-dichlorocatéchol, 4,5-dichlorocatéchol, 3,4,5-trichlorocatéchol, 3,4,6-trichlorocatéchol, tétrachlorocatéchol, 4-chloroguaïacol, 5-chloroguaïacol, 6-chloroguaïacol, 3,4-dichloroguaïacol, 4,5-dichloroguaïacol, 4,6-dichloroguaïacol, 3,4,5-trichloroguaïacol, 3,4,6-trichloroguaïacol, 4,5,6-trichloroguaïacol, tétrachloroguaïacol, 4,5-dichlorovératrole, 3,4,5-trichlorovératrole, tétrachlorovératrole, 5-chlorovanilline, 6-chlorovanilline, 5,6-dichlorovanilline, 4,5,6-trichlorosyringol, 2,6-dichlorosyringaldéhyde, 2-chlorosyringaldéhyde, 4,5,6-trichlorotriméthoxybenzène, 1,1-dichlorodiméthylsulfone, 1,1,3-trichlorodiméthylsulfone, hexachlorobenzène, pentachlorobenzène, chlordanes, DDT, DDE, dieldrine, hexachlorocyclohexane, mirex, photomirex, BPC totaux, toxaphène, 2,4-D, 2,4,5-T, MCPA.

Remarque 1b : Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves – Sédiments

*Tous les paramètres mesurés dans le cadre du Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves (centrats), plus : alpha-chlordane, gamma-chlordane, op-DDT, pp-DDT, op-DDE, pp-DDE, pp-DD, alpha-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, ronnel, heptachlor époxyde, méthoxychlore, trifluraline, triallate.

Remarque 2a : Étude de suivi du Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves – Centrat

Aroclor 1016, Aroclor 1221, Aroclor 1232, Aroclor 1242, Aroclor 1248, Aroclor 1254, Aroclor 1260, Aroclor 1262, Aroclor1268, BPC totaux, aldrine, alpha-BHC, beta-BHC, cis-chlordane, dieldrine, endosulfan I, endosulfan II, endosulfan I et II, endrine, gamma-BHC, heptachlore, hexachlorcyclohexane, méthoxychlore, mirex, nonachlore, oxychlordane, pp-DDD, pp-DDE, pp-DDT, photomirex, quintozine, DDE total, DDT total, chlordane total, toxaphène, trans-chlordane, hexachlorobenzène, pentachlorobenzène, 2,4,5-T, 2,4-D, bromoxynil, clopyralide, dicamba, diclofop-méthyl, fénoprop, fluazifop-P-butyl, MCPA, mécoprop, piclorame, triallate, triclopyr, trifluraline, chlore organique extractible, 1,1,3-trichlorodiméthyl sulfone, 1,1-dichlorodiméthyl sulfone, 1,2,3-trichloro-4,5,6-triméthoxybenzène, 2,3,4,5-tétrachlorophénol, 2,3,4,6-tétrachlorophénol, 2,3,4-trichlorophénol, 2,3,5,6-tétrachlorophénol, 2,3,5-trichlorophénol, 2,3,6-trichlorophénol, 2,3-dichlorophénol, 2,4 et 2,5-dichlorophénol, 2,4,5-trichlorophénol, 2,4,6-trichlorophénol, 2,4-dichlorophénol, 2,4-diméthylphénol, 2,4-dinitrophénol, 2,6-dichlorophénol, 2,6-dichlorosyringaldéhyde, 2-chlorophénol, 2-chlorosyringaldéhyde, 2-nitrophénol, 3,4,5-trichlorocatéchol, 3,4,5-trichloroguaïacol, 3,4,5-trichlorophénol, 3,4,5-trichlorovératrole, 3,4,6-trichlorocatéchol, 3,4,6-trichloroguaïacol, 3,4-dichlorocatéchol, 3,4-dichlorophénol, 3,5-dichlorophénol, 3,5-dichlorophénol, 3,6-dichlorocatéchol, 3-chlorophénol, 4,5,6-trichloroguaïacol, 4,5,6-trichlorosyringol, 4,5-dichlorocatéchol, 4,5-dichloroguaïacol, 4,5-dichlorovératrole, 4,6-dichloroguaïacol, 4,6-dinitro-2-méthylphénol, 4-chloro-3-méthylphénol, 4-chlorocatéchol, 4-chloroguaïacol, 4-chlorophénol, 4-nitrophénol, 5,6-dichlorovanilline, 5-chloroguaïacol, 5-chlorovanilline, 6-chloroguaïacol, 6-chlorovanilline, m-crésol, o-crésol, p-crésol, pentachlorophénol, phénol, tétrachlorocatéchol, tétrachloroguaïacol, tétrachlorovératrole, trichlorométhoxybenzène, nitrobenzène-d5

Remarque 2b : Étude de suivi du Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves – Sédiments

*Tous les paramètres mesurés dans le cadre de l'étude de suivi du Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière des Esclaves – Centrafs (ci-dessus) plus : BPC

100, 102, 103, 104, 105, 106, 108/86/125, 11 110 111/117, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 12, 120, 122, 123/107/109, 124, 126, 127, 128/162, 13, 130, 131/142/133, 132, 134, 135, 136, 137, 138, 139/143, 14, 140, 141, 144, 145, 146, 147/149, 148, 15, 150, 151, 152, 153, 168, 154, 155, 156, 157, 158, 129, 159, 16, 160/163, 161, 164, 165, 166, 167, 169, 17, 170, 171, 172, 173, 174, 175/182, 176, 178, 179, 18, 180, 181, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 19, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 198, 199, 2, 200, 201/204, 202, 203/196, 205, 206, 207, 208, 209, 21/20/33, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 3, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 4/10, 40/68, 41, 43/52, 44, 45, 46, 47, 48/49, 5, 50, 51, 53, 54, 55, 561, 57, 58/67, 59/42, 6, 60, 61, 63/76, 64, 66, 69, 7, 70, 74, 72, 73, 74, 75/65/62, 77, 78, 79, 8, 80, 81, 82, 83/119, 84/89, 85, 87, 88/121, 9, 90/101, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, heptaCB total, hexaCB total, mono-triCB total, nona/décaCB total, octaCB total, BPC totaux, alpha-chlordane, gamma-chlordane, heptachlor époxide, op-DDE, op-DDT, pp-DDD, ronnel, DDD total, bromine, 1,2,3,4,6,7,8,9-octachlorodibenzo-p-dioxine, 1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzo-p-dioxine, 1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzofurane, 1,2,3,4,7,8,9-heptachlorodibenzofurane, 1,2,3,4,7,8-hexachlorodibenzofurane, 1,2,3,4,7,8-hexachlorodibenzo-p-dioxine, 1,2,3,6,7,8-hexachlorodibenzo-p-dioxine, 1,2,3,6,7,8-pentachlorodibenzofurane, 1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo-p-dioxine, 123678 HxCDF, 12378peCDD, 12378PeCDF, 2,3,4,6,7,8-hexachlorodibenzofurane, 2,3,4,7,8-pentachlorodibenzofurane, 2,3,7,8-TCDD, 2,3,7,8-tétrachlorodibenzofurane, tétrachlorodibenzo-p-dioxine, pentachlorodibenzo-p-dioxine (homologues), pentachlorodibenzo-p-dioxine (OC), hexachlorodibenzo-p-dioxine (homologues), heptachlorodibenzo-p-dioxine (homologues), pentachlorodibenzofurane (homologues), pentachlorodibenzofuranes (OC), furanes totaux (6HxCDF), furanes totaux (7HpcDF), octachlorodibenzofurane, homologues totaux, PCDD totaux (OC), PCDF totaux (OC), EQT (ND = 0; 05; DL), PCDD totaux, PCDF totaux.

Remarque 3 : Programme à long terme de surveillance du réseau des rivières du ministère de l'Environnement de l'Alberta, autres composés organiques

1,2-diphénylhydrazine, 2,4-diméthylphénol, 2,4-dinitophénol, 2,4-dinitrotoluène, 2,6-dinitrotoluène, 2-chloronaphthalène, 2-chlorophénol, 2-méthyl-46-dinitrophénol, 2-nitrophénol, 4-bromophénol, oxyde de diphényle, 4-chloro-2-méthylphénol, 4-chloro-3-méthylphénol, 4-chlorophénol oxyde de diphényle, 4-nitrophénol, bis(2-chloroéthoxy)méthane, bis(2-chloroéthyl)éther, bis(2-chloroisopropyl)éther, hexachlorobenzène, hexachlorobutadiène, hexachlorocyclopentadiène, hexachloroéthane, isophorone, nitrobenzène, composé N-nitroso Di-N-propylamine, N-nitrosodiphénylamine, phénol, 1,1,1,2-tétrachloroéthane, 1,1,1-trichloroéthane, 1,1,2,2-tétrachloroéthane, 1,1,2-trichloroéthane, 1,1-dichloroéthane, 1,1-dichloroéthylène, 1,1-dichloropropylène, 1,2,3-trichlorobenzène, 1,2,4-triméthylbenzène, 1,2-dibromo-3-chloropropane, 1,2-dibromoéthane, 1,2-dichlorobenzène, 1,2-dichloroéthane, 1,2-dichloropropane, 1,3,5-triméthylbenzène, 1,3-dichlorobenzène, 1,3-dichloropropane, 2-chloroéthylvinyléther, 2-chloroéthoxyéthylène, 4-chlorotoluène, benzène, bromobenzène, dibromochlorométhane, bromoforme, bromométhane, cis-1,2-dichloroéthane, cis-1,3-dichloropropène, crésol (m, o, p), dibromométhane, dichlorobromométhane, éthylbenzène, isopropylbenzène, M+P-xylène, 2-méthoxy-2-méthylpropane, dichlorométhane, N-butylbenzène, N-propylbenzène, O-xylène, P-isopropyltoluène, sec-butylbenzène, styrène, tert-butylbenzène, tétrachloroéthane, toluène, trans-1,2-dichlorotoéthane, trans-1,3-dichloropropène, trichloroéthylène, trichlorofluorométhane, trihalométhanes, chlorure de vinyle, xylène, 2,3,4,6-tétrachlorophénol, 2,3,6-trichlorophénol, 2,4,6-trichlorophénol, 2,4-dichlorophénol, 3,4,5-trichlorocatécol, 3,4,5-trichloroguaïacol, 3,4,5-trichlorovératrol, 3,4,6-trichlorocatéchol, 3,4,6-trichloroguaïacol, 3,4-dichlorocatéchol, 3,5-dichlorocatéchol, 4,5,6-trichloroguaïacol, 4,5,6-trichlorosyringol, 4,5-dichlorocatéchol, 4,5-dichloroguaïacol, 4,5-dichlorovératrole, 4,6-dichloroguaïacol, 4-chlorocatéchol, 4-chloroguaïacol, 4-chlorophénol, bromacil, bromoxynil, carbathiine (carboxine), cyanizane, diazinon, diclofop-méthyl (Hoegrass), disulfoton (Di-Syston), diuron, chlorpyrifos-éthyl (Dursban), éthalfluraline (Edge), éthion, guthion, cropyralide (Lontrel), malathion, MCPA, MCPB, MCPP (Mecoprop), piclorame (Tordon), phorate (Thimet), terbufos, triallate (Avadex BW), trichlorobenzène (Treflan), imazaméthabenz-méthyle, déséthyl atrazine, désisopropyl atrazine, quinclorac, imazéthapyr,

fenoxaprop-P-éthyl, pyridabène, diméthoate (Cygon), pentachlorophénol, tétrachlorocatécol, tétrachloroguaïacol, tétrachlorovératrol, acide 12,14-dichlorodéhydroabiétique, acide 12-chlorodéhydroabiétique, acide 14-chlorodéhydroabiétique, acide abiétique, acide déhydroabiétique, acide isopimarique, acide lévopimarique, acide néoabiétique, acide palustrique, acide pimarique, acide sandaracopimarique, 2,4-D (acide dichlorophénoxyacétique), 2,4-DB, dichlorprop (2,4-DP), hexachlorobenzène (HCB), alpha-endosulfan, γ -hexachlorocyclohexane (lindane), méthoxychlore (P,P'-méthoxychlore), atrazine, aldrine, dieldrine, metolachlore, imazamox, parathion, métribuzine, dicamba, simazine, triclopyr, aminopyralide, napropamide, thiaméthoxam, vinclozoline, oxycarboxine, méthomyl, aldicarbe, clodinafop-propargyl, métabolite acide du clodinafop, 4-chloro-2-méthylphénol, 2,4-dichlorophénol, chlorothalonil, iprodione, popiconazole, hexaconazole, métalaxyl-M, fluazifop, fluroxypyr, quizalofop, bentazone, éthofumesate, linuron, composés organiques halogénés adsorbables (COHA).

Remarque 4 : Bourbonnière et al. (1996)

T4CD, P5CDD, H6CDD, H7CDD, O8CDD, T4CDF, P4CDF, H6CDF, H7CDF, O8CDF, T4CDF.

Remarque 5 : Evans et al. (1996)

BPC 1, 3, 04/10, 6, 7, 08/05, 16/32, 17, 18, 19, 22, 24/27, 25, 26, 28, 31, 33, 40, 41/71, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 56/60, 64, 70/76, 74, 82, 84/89, 83, 85, 87, 91, 95, 97, 99, 101, 110, 114, 118, 128, 130, 176, 131, 132, 136, 138, 141, 144/135, 146, 149, 151, 153, 158, 137, 156, 170, 174, 177, 178/129, 179, 180, 183, 187, 191, 193, 199, 201/157, BPC totaux, 902,7/2,8-DiCDD, 2,3-DiCDD, 2,3,7-TriCDD, 2,3,7,8-TCDD, 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,4,7,8-HxCDD, 1,2,3,6,7,8-HxCDD, 1,2,3,7,8,9-HxCDD, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, PCDD total, OCDD, 2,8-diCDF, 2,3,8-triCDF, 2,3,7,8-TCDF, 1,2,3,7,8-PeCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,7,8,9-HxCDF, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF, PCDF totaux, OCDF, hexachlorocyclohexane, pentachloroanisole, trichlorovératrole, tétrachlorovératrole, op-DDE, pp-DDE, op-DDD, pp-DDD, op-DDT, pp-DDT, DDT total.

Remarque 6 : Crosley (1996)

Acide primarique, acide sandaracopimarique, acide isopimarique, acide palustrique, DHI, DHA, acide abiétique, acide néoabiétique, 12/14 C1-DHA, 12,14-DiCI-DHA, acides résiniques totaux, M1CDD, D2CDD, T3CDD, T4CDD, P5CDD, H6CDD, H7CDD, O8CDD, M1CDF, D2CDF, T3CDF, T4CDF, P5CDF, H6CDF, H7CDF, O8CDF, 4-CP, 2,6-DCP, 2,4/2,5-DCP, 3,6-DCP, 2,3-DCP, 3,4-DCP, 6-CG, 5-CG, 2,4,6-TCP, 2,3,6,-TCP, 2,3,5-TCP, 2,4,5-TCP, 2,3,4-TCP, 3,4,5-TCP, 3-CC, 4-CC, 4,6-DCG, 3,4-DCG, 4,5-DCG, 3-S, 3,6-DCG, 3,5-DCC, 3,4-DCC, 4,5-DCC, 2,3,5,6-TCP, 2,3,4,6-TCP, 2,3,4,5-TCP, 5-CV, 6-CV, 3,5,-DCS, 3,4,6-TCG, 3,4,5-TCG, 4,5,6-TCG, 3,4,6-TCC, 3,4,5-TCC, 5,6-DCV, PCP, 2-CSA, 3,4,5,6-TCG, 3,4,5-TCS, 3,4,5,6-TCC, 2,6-DCSA, Aroclor 1242, Aroclor 1254, Aroclor 1260, PCB 77, PCB 126, PCB 169, composés organiques halogénés extractibles, toxaphène.

Remarque 7 : Brownlee et al. (1996)

Acide primarique, acide sandaracopimarique, acide isopimarique, acide palustrique, DHI, DHA, acide abiétique, acide néoabiétique, 12/14 C1-DHA, 12,14-DiCI-DHA, acides résiniques totaux, M1CDD, D2CDD, T3CDD, T4CDD, P5CDD, H6CDD, H7CDD, O8CDD, M1CDF, D2CDF, T3CDF, T4CDF, P5CDF, H6CDF, H7CDF, O8CDF, 4-CP, 2,6-DCP, 2,4/2,5-DCP, 3,6-DCP, 2,3-DCP, 3,4-DCP, 6-CG, 5-CG, 2,4,6-TCP, 2,3,6,-TCP, 2,3,5-TCP, 2,4,5-TCP, 2,3,4-TCP, 3,4,5-TCP, 3-CC, 4-CC, 4,6-DCG, 3,4-DCG, 4,5-DCG, 3-S, 3,6-DCG, 3,5-DCC, 3,4-DCC, 4,5-DCC, 2,3,5,6-TCP, 2,3,4,6-TCP, 2,3,4,5-TCP, 5-CV, 6-CV, 3,5,-DCS, 3,4,6-TCG, 3,4,5-TCG, 4,5,6-TCG, 3,4,6-TCC, 3,4,5-TCC, 5,6-DCV, PCP, 2-CSA, 3,4,5,6-TCG, 3,4,5-TCS, 3,4,5,6-TCC, 2,6-

DCSA, Aroclor 1242, Aroclor 1254, Aroclor 1260, PCB 77, PCB 126, PCB 169, composés organiques halogénés extractibles, toxaphène.

Remarque 8 : Milburn et Prowse (1998)

BPC 7, 6, 8/5, 19, 18, 17, 24/27, 16/32, 26/25, 31/28, 21/33/53, 22, 45, 46, 52/43, 49, 47/48, 44, 42, 41, 71, 64, 40, 63, 74, 70, 76, 66, 95, 91, 56, 60, 89, 84, 101, 99, 83, 97, 81/87, 85/136, 77/110, 82, 151, 144/135/147/107, 149, 118, 134/114, 146, 153/132, 105, 141, 137, 176/130, 138/158/178/129, 175, 187/182, 183, 128, 167, 185, 174, 177, 171/156, 157, 173, 172/197, 180, 199, 170/197, 180, 199, 170, 190, 201, 203/196, 195, 194, 206, BPC totaux, 2-monochlorophénol, 3,5-dichlorophénol, 2,3-dichlorophénol, 2,3,5-trichlorophénol, 2,4,5-trichlorophénol, 3,4,5-trichlorophénol, pentachlorophénol, trichlorosyringol, 3,4,5,6-tétrachlorocatéchol, 3,4,5-triguaiacol, 3,4,5,6-téraguaïacol, 5,6-dichlorovanilline, CPP totaux, 2,3,7,8-TCDD, 1,2,3,7,7-PeCDD, 1,2,3,4,7,8-HxCDD, 1,2,3,6,7,8-HxCDD, 1,2,3,7,8,9-HxCDD, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, OCDD, 2,3,7,8-TCDF, 1,2,3,7,8-PeCDF, 2,3,4,7,8-PeCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,7,8,9-HxCDF, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF, OCDF, furanes totaux, dioxines/furanes totaux, EQT.

Remarque 9 : Noton et Shaw (1989)

2,4-dichlorophénol, 2,4,6-trichlorophénol, acide benzoïque, acide hexanoïque, 1,1,1-trichloroéthane, carbontétrachloride, chloroforme, éthylbenzène, mp-xylène, styrène, toluène, dichloroguaïcol, guaïcol, tétrachloroguaïcol, trichloroguaïcol vanilline, 1-n-inden-1-1,2,3-dihydro-3,3,4,7-tétraméthyle, 1-méthyl-2-benzène, 2-pentylfurane, 4-triméthyle-3-cyclohexène-1-méthanol, 5-nonène-2-one, acétophénone, alpha-pinène et isomères, alpha-terpinol, camphre, dichlorodiméthyle sulfone, diméthoxybenzène, diméthylcyclopenténone, diméthylsulfide, diméthyltrisulfide, isopropylbenzène méthanol, méthylbenzène méthanol, méthylisopropénylbenzène, p-cymen-8-ol, terpinol, trichlorodifluoroéthane, triméthyldiméthyl-éthylbenzène méthanol, triméthylcyclopenténones, 4-hydroxy-3-méthoxybenzaldéhydem 2-pentylfurane, 2,2,3-triméthylhexane, méthylcyclohexadiène, méthylcyclohexane, méthyl pentane, méthylène cyclohexane, chloroforme, styrène, diacetyl benzofurane, dipropyl benzène, 1-(4-hydroxy-3,5-diméthoxyphénol)-éthanone, 1n-indole, 2-chloro-1-phényl éthanone, dihydroxyacétophénone, diméthylcyclohexène, méthylcyclopentanone, phosphate de tributyle, trichlorodifluoroéthane, tétra-1,1-dioxide thiophène.

Sous-tableau A.1 : Citations des numéros de rapport correspondant au programme de surveillance et au projet de recherche. Ce sous-tableau dresse la liste des études réalisées dans le cadre du projet de recherche AOERP, de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord (EBRN) et de l'Initiative des écosystèmes des rivières du Nord (IERN) et indiquées par numéro de rapport dans le tableau d'information (Annexe 1) ci-dessus. D'autres études sont aussi citées dans le tableau. Les références pour les citations ci-dessous et celles qui sont indiquées dans le tableau ci-dessus sont fournies à la section Ouvrages cités du présent document.

N° de rapport	Programme	Citation
2	AOERP	Kristensen <i>et al.</i> (1975)
17	AOERP	Lutz et Hendzel (1976)
18	AOERP	Loepky et Spitzer (1977)
34	AOERP	Allan et Jackson (1978)
40	AOERP	Beltaos (1979)
60	AOERP	Neill et Evans (1979)
71	AOERP	Hesslein (1979)
89	AOERP	Bond (1980)

N° de rapport	Programme	Citation
123	AOSERP	Neill <i>et al.</i> (1981)
L74	AOSERP	Akena et Christian (1981)
L85	AOSERP	Corkum (1985)
9	EBRN	Boag (1993)
20	EBRN	Balagus <i>et al.</i> (1993)
26	EBRN	Smithson (1993)
43	EBRN	Aitken et Sapach (1994)
61	EBRN	Jacobson et Boag (1995)
71	EBRN	Bourbonnière <i>et al.</i> (1996a)
72	EBRN	Bourbonnière <i>et al.</i> (1996b)
74	EBRN	English <i>et al.</i> (1996)
76	EBRN	Hicks <i>et al.</i> (1996a)
77	EBRN	Hicks <i>et al.</i> (1996b)
99	EBRN	Evans <i>et al.</i> (1996)
102	EBRN	Church (1996)
103	EBRN	Prowse <i>et al.</i> (1996)
106	EBRN	Crosley (1996)
112	EBRN	Golder Associates Ltd. (1995)
119	EBRN	Tallman (1996)
122	EBRN	Andres (1996)
131	EBRN	Evans (1996)
134	EBRN	Brownlee (1996)
135	EBRN	Dobson (1996)
136	EBRN	Golder Associates Ltd. (1997b)
146	EBRN	Choles (1996)
17	IERN	Pietroniro <i>et al.</i> (2004)
26	IERN	Milburn et Prowse (1998)
66	IERN	Pietroniro et Töyrä (2004)

Sous-tableau A.2 : Références aux sites Web indiqués par lettre dans le tableau d'information (tableau 1) ci-dessus

Cellule de référence	Site Web
A	http://environment.alberta.ca/01288.html
B	http://www.env.gov.bc.ca/epd/wamr/ems_internet/index.html
C	http://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1100100027479/1100100027483
D	http://www.environment.alberta.ca/forecasting/data/snow/apr2011/plainsscdatanank.html
E	http://www.ec.gc.ca/rhc-wsc/default.asp?lang=Fr&n=4EED50F1-1
F	http://bcrfc.env.gov.bc.ca/bulletins/
G	http://www.bchydro.com/about/our_system/hydrometric_data/peace.html





www.ec.gc.ca

Pour des renseignements supplémentaires :

Environnement Canada

Informathèque

10, rue Wellington, 23^e étage

Gatineau (Québec) K1A 0H3

Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-997-2800

Télécopieur : 819-994-1412

ATS : 819-994-0736

Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca